Installations- und Testrichtlinien

Universelle Verkabelung

R&M

Convincing cabling solutions

Ein LAN für alle Fälle

Ihr Ziel: die strukturierte Verkabelung von Büros, Gebäuden, Wohnungen, Sozial- und Gesundheitseinrichtungen, Hotels, Sport- und Freizeitanlagen, Fabriken oder Schiffen. Ihr Partner: R&M. Mit den Lösungen für Local Area Network (LAN) unterstützen wir Planer, Installateure und Anwender umfassend beim zukunftssicheren Design, effizienten Aufbau und zuverlässigen Betrieb von Datennetzen und Kommunikations-Infrastrukturen.

Das modulare Verkabelungssystem R&M*freenet* bietet für jedes Einsatzgebiet und jede Projektgrösse eine qualitativ hochwertige Komplettlösung mit dem kleinen Extra in der Installations- und Anwendungsfreundlichkeit. Das Sortiment ist anwendungsneutral und beherrscht die heutigen und künftigen Übertragungsverfahren. R&M *freenet* wurde als Best in Class-Lösung entwickelt und übertrifft alle relevanten Normen.

Dank dem weltweit etablierten QPP-Partnerprogramm erhalten zertifizierte R&M-Partner bevorzugten Support. R&M kann zusammen mit seinen Partnern den Kunden langfristige System- und Anwendungs-garantien anbieten.

Datacenter

Enorme Leistungsentfaltung durch High Density und paralleloptische Verbindungstechnik.

Öffentliche Netze

Marktfähige Glasfaserlösungen für den Aufbau zukunftsorientierter Breitband-Infrastrukturen.

Komponenten

Zeit gespart mit vorkonfektionierten Einheiten. Verfügbarkeit optimiert mit R&M-Sicherheitssystem.

VORWORT

Als unabhängiges Schweizer Familienunternehmen verfügt die Reichle & De-Massari AG (R&M), Wetzikon (ZH), über mehr als 50 Jahre Erfahrung im Informations- und Kommunikationstechnologiemarkt. 1964 gegründet, ist R&M inzwischen einer der führenden Anbieter von passiven Verkabelungslösungen für hochwertige Kommunikationsnetze (Layer 1). Das Unternehmen leistet weltweit mit Kupfer- und Glasfasersystemen einen entscheidenden Beitrag zur Betriebssicherheit in der Sprach-, Daten- und Videoübertragung. Als Systemanbieterin hat sich R&M zum Ziel gesetzt, optimale Funktionalität zu entwickeln und vor allem höchste Qualitätskriterien zu erfüllen. Darüber hinaus bietet R&M maximalen Installations- und Wartungskomfort.

R&M-Lösungen überzeugen durch höchste Verfügbarkeit bei kostengünstigem Netzbetrieb. Mit der hohen Produktqualität und dem vorausschauenden Systemdesign sorgt R&M dafür, dass die Netzwerke zukunftsfähig und die Investitionen langfristig sicher sind. R&M-Verkabelungslösungen kommen in Bürogebäuden, Datenzentren, bei Netzbetreibern, in Wohnungen und in der Industrie zum Einsatz. R&M trägt dazu bei, dass Menschen und Organisationen uneingeschränkt kommunizieren können. Antrieb und Leidenschaft des Unternehmens ist, für die Endkunden eine passive Verkabelungs-Infrastruktur zu schaffen, die eine maximale Zuverlässigkeit und Übertragungssicherheit garantiert.

R&M ist im Schweizer Markt führend und gehört in Europa und dem Mittleren Osten zu den Top-3-Playern. Das Unternehmen ist in über 30 Ländern mit Tochterfirmen oder eigenen Marktorganisationen vertreten. 2012 erwirtschaftete R&M einen Umsatz von 183,6 Millionen Schweizer Franken. Das durchschnittliche Ebit betrug über die letzten 5 Jahre 2,9 Prozent. 69 Prozent des Umsatzes werden heute im Ausland erzielt.

Die Innovationskraft des Unternehmens zeigt sich in der F&E-Quote. R&M investiert jährlich über 5 Prozent des Umsatzes in Forschung und Entwicklung. 23 Prozent des Umsatzes werden mit Produkten, die jünger als drei Jahre sind, erzielt. Das Unternehmen hält über 100 internationale Patente und wirkt in diversen internationalen Normengremien mit. Im Mittelpunkt der Entwicklungsarbeit stehen konkrete Markt- und Kundenbedürfnisse.

Die besondere Erfahrung und Kompetenz liegt in der Herstellung von Verbindungs- und Verteiltechnik (Connectivity) für Kupfer- und Lichtwellenleiter-Netze (Fiberoptik). Auf Basis dieser Technologien bietet R&M Lösungen in den zwei Geschäftsfeldern Private Networks (Private Netze) und Public Networks (Öffentliche Netze) an.

Private Networks bieten strukturierte Verkabelungslösungen für Büros, Rechenzentren, Industriegebäude und Wohnungen. Im Fokus stehen hier höchste Übertragungsgeschwindigkeiten und maximale Netzverfügbarkeit in den unterschiedlichsten Einsatzgebieten. Das modulare System unterstützt Highspeed-Netzwerkprotokolle bis zu 10-Gigabit-Ethernet. Höchsten Ansprüchen genügen auch die Lösungen für den Einsatz in Industriegebäuden.

EINFÜHRUNG

Die vorliegenden Richtlinien sind integraler Bestandteil des R&M*freenet*-Garantieprogramms.

Sie sollen der erhöhten Komplexität der Abnahmeprüfungen Rechnung tragen und Feldmessungen in R&M*freenet*-Systemen vereinfachen.

Darüber hinaus sollen sie Installateuren und Planern helfen, normgerechte, besonders zuverlässige und äusserst leistungsfähige passive Netzwerke einzurichten.

Das vorliegende Dokument wurde mit grösstmöglicher Sorgfalt erstellt. Es enthält den zum Zeitpunkt der Drucklegung aktuellen technischen Stand.

Änderungen bzw. Korrekturen an diesem Dokument werden jeweils in der neuen Ausgabe berücksichtigt. Technische Änderungen und Irrtümer bleiben jederzeit vorbehalten.

Bei den angeführten Änderungen handelt es sich teilwesie um massive Änderungen gegenüber der vorigen Ausgabe und wir empfehlen dem Leser sich alle geänderten Kapitel durchzulesen um bei einer Garantieinstallation die richtige Vorgangsweise zu wählen. Details in Kapitel 12

Bitte vergewissern Sie sich regelmässig auf http://www.rdm.com, dass Sie die neueste Version besitzen.

Inhalt

VORWORT 1

EINFÜHRUNG 2

1 WARUM R&M*freenet* 2

1.1 GARANTIE 4

1.1.1 PRODUKT ZERTIFIZIERUNG 4
1.1.2 QPP PROGRAMM 5

2 QUALITÄTSSICHERUNG PROJEKTABLAUF 6

3 VOR DER INSTALLATION 8

3.1 ALLGEMEINES 8

3.1.1 NORMEN FÜR DIE GEBÄUDEVERKABELUNG 8
3.1.2 MICE (MECHANICAL, INGRESS, CLIMATIC, ELECTROMAGNETIC) 10
3.1.3 EMV-KONZEPTE 12
3.1.4 INFRASTRUKTUR PROGRAMM 16
3.1.5 PROJEKTAUSSCHREIBUNG/SPEZIFIKATIONEN 16

3.2 KUPFER 17

3.2.1 KUPFER NORMEN 17
3.2.2 LÄNGENBESCHRÄNKUNGEN SYMMETRISCHE INSTALLATIONSKABEL 20
3.2.3 AUSSERHALB DER NORMEN 26
3.2.4 ABSTÄNDE ZWISCHEN KUPFER-DATENKABELN UND STROMVERSORGUNGSKABELN 32
3.2.5 POE, POE+–AKTUALISIERUNG UND HINWEISE ZUR VERKABELUNG 36
3.2.6 DIE WICHTIGKEIT DER SYMMETRIE (TCL) 37
3.2.7 EMV-VERGLEICH ZWISCHEN STP- UND UTP 38

3.3 LICHTWELLENLEITER-VERKABELUNG 39

3.3.1 LWL NORMEN 39
3.3.2 CHANNEL BESCHRÄNKUNGEN FÜR LWL INSTALLATIONEN 47
3.3.3 AUSSERHALB DER NORM 49
3.3.4 ENTWURF EINES PASSIVEN OPTISCH LAN NETZWERKES (POLAN) 52
3.3.5 BEIBEHALTUNG DER POLARITÄT 55

4 INSTALLATION 64

4.1 ALLGEMEINES 64

4.1.1 SICHERHEIT 64
4.1.2 KENNZEICHNUNG UND VERWALTUNG 64
4.1.3 LAGERUNG UND TRANSPORT DES INSTALLATIONSKABELS 65
4.1.4 UMFELDBEDIENUNGEN 66

4.2 KUPFERKABEL 67

4.2.1 KABELEIGENSCHAFTEN 67
4.2.2 VERLEGEN DER KABEL 67
4.2.3 BEARBEITEN DER KABEL 71
4.2.4 BESCHALTUNG DER ANSCHLUSSMODULE 72
4.2.5 RANGIERKABEL 72
4.2.6 POTENZIELLE FEHLERQUELLEN IN DER UGV 73

4.3 LICHTWELLENLEITER 74

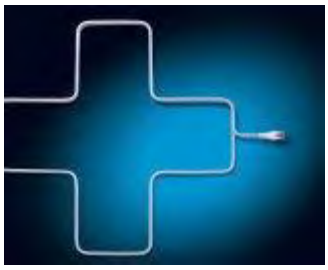
4.3.1 SICHERHEIT 74
4.3.2 VERLEGEN DER KABEL 77
4.3.3 BEARBEITEN DER KABEL 79
4.3.4 ANSCHLIESSEN VON LWL KABELN 80
4.3.5 REINIGEN VON GLASFASERN 81
4.3.6 RANGIERKABEL 83
4.4 INSTALLATIONS-CHECKLISTE 84
5 NACH DER INSTALLATION 87
5.1 ALLGEMEINES 87
5.1.1 MESSGENAUIGKEIT 87
5.2 KUPFER 89
5.2.1 R&M ANERKANNTE ZERTIFIZIERUNGSMESSGERÄTE FÜR DIE KLASSEN D/E/E_A 89
5.2.1.1 GEEIGNETE TESTGRENZWERTE FÜR DIE KLASSEN 90
5.2.2 BESCHREIBUNG DER PRÜFSTRECKEN 91
5.2.3 MESSAUSWERTUNGSANALASYSE 93
5.2.4 VORGEHENSWEISE FÜR KUPFER-PRÜFUNGEN 95
5.3 LICHTWELLENLEITER 99
5.3.1 ANERKANNTE ZERTIFIZIERUNGSMESSGERÄTE FÜR LWL 99
5.3.2 KONFIGURATIONEN VON ÜBERTRAGUNGSSTRECKEN 99
5.3.3 LWL-PRÜFBEDINGUNGEN 101
5.3.4 OTDR-PRÜFUNG 104
5.3.5 LSPM-PRÜFUNG/DÄMPFUNGSMESSUNG 116
6 GLOSSAR 124
7 ABRIVIATIONS 130
8 ABBILDUNGSSCHLUSSEL 132
9 TABELLENVERZEICHNIS 133
10 ABBILDUNGSVERZEICHNIS 135
11 WHITE PAPERS 138
12 ÄNDERUNGEN ZUM VORHERIGE AUFLAGE 139
13 NOTIZEN 141

1 WARUM R&M*freenet*

Für Planer und Installateure ist das Verkabelungssystem R&M*freenet* ein Universum mit endlosen Möglichkeiten und absolut logischer Struktur. Mit seinen jeweils vier Systemen für Kupfer und Glasfaser deckt es sämtliche Verkabelungsbedürfnisse unserer Kunden ab – sei es in Büro- oder Wohngebäuden, in Industrieanlagen oder Unternehmensstandorten, in Kliniken oder Hochleistungsrechenzentren. Aus diesen Systemen kann je nach der gewünschten Leistungsfähigkeit der IT- und Telekommunikationsinfrastruktur und je nach Umgebungsbedingungen und Sicherheitsbedürfnis die passende Lösung zusammengestellt werden. Das modulare Prinzip und der normgerechte anwendungsneutrale Aufbau garantieren, dass jede Installation flexibel genutzt und später erweitert werden kann. Die Produktreihen sind durchgehend untereinander kompatibel und entsprechen den aktuellen und maßgeblichen internationalen Normen ISO/IEC 11801, EN 50173-x und EIA/TIA 568C-x.

Leistungsfähige und zuverlässige Kommunikationsnetze sind entscheidende Erfolgsfaktoren für unsere Kunden. Sie erwarten, dass sich Investitionen in die Infrastruktur positiv auf Ihr Ergebnis auswirken, sei es durch höhere Produktivität, reduzierte Ausfallkosten oder geringere Wartungskosten - deshalb unternehmen wir alles, um unsere Kunden erfolgreich zu machen.

Sicherheit
Unsere Produkte und Services zielen auf eine hohe Stabilität und Verfügbarkeit der Netze ab. Das erreichen wir durch eine einzigartige Produktqualität. Sie garantiert Langlebigkeit und hohe Performance. Zusätzlich unterstützen wir Planer, Installateure und Endkunden vor Ort beim Lösungsdesign, beraten bei der Auswahl der Systeme und begleiten Projekte bis zur Inbetriebnahme.



Qualität
Nur ein zielstrebiges Qualitätsmanagement garantiert die stetige Verbesserung der Produkte, Services und Prozesse. R&M Partner profitieren so weltweit vom gleichbleibend hohen Schweizer Qualitätsstandard. Die konsequente Qualitätsphilosophie zeigt sich in anerkannten Zertifizierungen wie EN ISO 9001:2008. Tragende Säulen der Qualität sind die Kompetenz unserer Mitarbeiter und das Know-how unserer Lieferanten.

Umwelt
Durch behutsamen Umgang mit den natürlichen Ressourcen reduzieren wir die Auswirkungen unserer Unternehmensaktivitäten auf die Umwelt. Wir setzen uns Ziele und verbessern kontinuierlich unsere Umweltleistung. R&M hält die geltenden Umweltgesetze konsequent ein. Das Unternehmen ist ISO 14001:2004 zertifiziert.

Innovation
Forschung & Entwicklung haben bei R&M einen hohen Stellenwert. Seit 50 Jahren bündeln wir technologische Kompetenz auf dem Gebiet der Hochfrequenztechnik und Fiberoptik. Viele internationale Normen gestalten wir aktiv mit und erkennen Trends sehr früh. Die Nähe zu unseren Partnern erlaubt uns die Entwicklung von bedürfnisgerechten und innovativen Produkten. So profitieren unsere Kunden von weitsichtigen Lösungen, die auch zukünftige Herausforderungen souverän meistern und ihre Investitionen schützen.

Kontinuität und Kundenorientierung

Als unabhängiges Familienunternehmen verfolgt R&M eine Unternehmensstrategie, die auf Nachhaltigkeit beruht und alle Stakeholder einbezieht. Das Unternehmen ist zu 100 % im Besitz der Familie Reichle. Seit der Gründung 1964 konzentriert sich R&M auf passive Verkabelungslösungen - das zuverlässige Fundament aller Kommunikationsnetze. Martin und Peter Reichle vertreten die Inhaberfamilie in zweiter Generation als aktive Verwaltungsräte in sämtlichen diesbezüglichen Gremien. Unsere Entscheidungen sind nicht kurzfristigen Gewinnüberlegungen unterworfen, sondern wir setzen auf eine langfristige Unternehmensentwicklung. So wissen unsere Kunden immer, woran sie sind.

Mit kurzen Entscheidungswegen und kollegialer, teamorientierter Arbeitsweise werden Selbstverantwortung und Eigeninitiative gefördert. Die Mitarbeitenden zeichnen sich durch Verantwortungsbewusstsein und Kundenorientierung aus.

Flexibilität

Besondere Aufgabenstellungen brauchen besondere Lösungen. In solchen Fällen entwickeln wir zusammen mit unseren Kunden individuelle Produkte und Servicepakete. Eine ausgeprägte Kundennähe zählt zu den Grundwerten von R&M und wird von allen Marktorganisationen nachhaltig gelebt. Wir sind nah genug beim Kunden und dynamisch genug um schnell und flexibel auf Kundenwünsche reagieren zu können

1.1 GARANTIE

R&M bietet eines der umfassendsten Garantieprogramme im Bereich der strukturierten Verkabelung nach EN 50173-x, ISO/IEC 11801 und TIA-568-C. Wir entwickeln und produzieren Netzwerkkomponenten und Verkabelungssysteme höchster Qualität. Unser Ziel ist es, dem Kunden eine Lösung mit hoher und nachhaltiger Performance bereit zu stellen.

Das Garantieprogramm umfasst in Verbindung mit dem Qualified Partner Program (QPP) alle wesentlichen Elemente, die für diesen anspruchsvollen Weg notwendig sind: Planung, Produktauswahl, Installation, Abnahmemessung, Betrieb des Netzwerks. So entsteht eine homogene Lösung mit einem definierten Qualitätslevel.

5 Jahre R&M*freenet* Produktegarantie

Der erste Garantie-Level besagt, dass R&M*freenet* Passivkomponenten während dieser Zeit fehlerfrei funktionieren und die Anforderungen jeder relevanten Verkabelungsnorm übertreffen. Diese erweiterte Produktgarantie kann jeder Qualifizierte Partner seinen Kunden bieten, der R&M*freenet* Passivkomponenten einsetzt.

25 Jahre R&M*freenet* Systemgarantie

Der zweite Garantie-Level deckt das gesamte R&M*freenet* Verkabelungssystem ab und schützt Kunden vor der Fehlfunktion von Komponenten und vor Installationsproblemen. Die Garantieleistung wird gewährt, wenn die Installation ausschliesslich aus R&M*freenet* Passivkomponenten besteht und durch einen zertifizierten Installations-Partner (oder eine durch das QPP höher ausgebildete Instanz) ausgeführt wurde.

Lebenslange R&M*freenet* Applikationsgarantie

Der dritte Garantie-Level setzt voraus, dass die Installation mit Passivkomponenten aus dem R&M*freenet* Verkabelungssystem von einem zertifizierten Planer geplant wurde. Sie enthält die Zusage, dass auf dem System auf Lebenszeit alle Protokolle laufen, die von Industriestandards unterstützt werden.

1.1.1 PRODUKT ZERTIFIZIERUNG

Die strukturierte IT-Verkabelung ist das „Rückgrat“ jeder Netzwerkinfrastruktur. Störungen und Ausfälle haben rasch beachtliche Kostenfolgen. Eine hohe Netzwerkverfügbarkeit ist daher von grundlegender Bedeutung.

Im Rahmen von „KonTraG“, „Basel II“ oder „Solvency II“ wird die Verantwortlichkeit der Netzwerkbetreiber auch gesetzlich in zunehmendem Masse eingefordert. Vermehrt vertrauen Kunden auf unabhängige Produktbewertungen durch hoch qualifizierte und unabhängige Labors.

Mit unserer Datenbank "Certificate Finder - Copper" wollen wir dem umsichtigen Planer, und dem verantwortungsvollen IT-Verantwortlichen die Möglichkeit geben, direkt auf die wichtigsten Zertifikate diverser unabhängiger Prüflabors zuzugreifen

http://www.rdm.com/de/co/service/planungshilfsmittel/certificate-finder-copper.aspx

1.1.2 QPP PROGRAMM

Kompetenz mittels QPP

dem Qualified Partner Program für Installateure, Planer und Anwender von R&M*freenet*

Mit dem Qualified Partner Program unterstützt und fördert R&M Fachleute in Netzwerktechnologie und Gebäudeverkabelung. Vertiefen Sie Ihr Expertenwissen, steigern Sie die Qualität Ihrer Projekte und sichern Sie sich den höchsten Grad an Kundenzufriedenheit.

Als QPP Partner sind Sie Teil der R&M Familie. Die qualifizierten und zertifizierten Partner in unserem globalen Netzwerk

- beraten unsere Kunden vor Ort fachmännisch und professionell
- liefern immer die ideale Verkabelungslösung, in Übereinstimmung mit ISO/IEC 11801, EN 50173-x und TIA/EIA 568-x
- verfügen über ein bestechendes und einzigartiges Garantieprogramm, das eine 5 Jahre Produktgarantie, eine 25 Jahre Systemgarantie und eine lebenslange Applikationsgarantie umfasst
- erhalten einen R&M-Ausweis sowie ein Zertifikat und die uneingeschränkte Erlaubnis, R&M*freenet* installieren zu dürfen.

Mit dem QPP gewährleistet R&M multinationalen Kunden weltweit identische, höchste Qualitätsstandards.

Bild 1: QPP

2 QUALITÄTSSICHERUNG PROJEKT-ABLAUF

Arbeits-schritt	Schwerpunkte	Verantwort-lichkeit
Planung	• Die UGV muss sorgfältig nach den zurzeit gültigen Normen geplant werden. • Es müssen zugelassene/ausgewählte/geeignete Komponenten eingesetzt werden. • Die Gebäudeinfrastruktur muss so ausgelegt sein, dass die UGV gemäss den gültigen Normen realisiert werden kann. • Der Planer ist angehalten, dies durch Erstellen einer Verkabelungsspezifikation in Absprache mit dem verantwortlichen Architekten, Endbenutzer und/oder Installateur zu gewährleisten. • Es ist sicherzustellen, dass alle benötigen Werkzeuge verfügbar sind. • Die geeigneten Prüfprozeduren und -einrichtungen müssen festgelegt sein. • Es muss sichergestellt sein, dass alle Sicherheitsvorkehrungen definiert sind und das Personal entsprechend geschult ist.	Planer Architekt Endkunde
Komponenten-herstellung	• Eingesetztes Material muss den vom Planer definierten Normen entsprechen. • Eingesetzte Komponenten müssen internationalen und lokalen Vorschriften entsprechen.	Komponenten-hersteller
Installation	• Die richtigen Komponenten sind gemäss Bedienungsanleitung zu bestellen, zu lagern, anzuliefern und zu installieren. • Die Komponenten müssen einer Abnahmeprüfung unterzogen werden. • Die Installationskabel müssen mindestens der Kategorie der Anschlusskomponenten entsprechen. • Die Installation muss normgerecht sein (EN 50174 inkl. aller Zusätze). • Der Kabelkanal muss den Kabeln ausreichend Schutz gegen externe Beschädigungen bieten. • Die Gebäudestruktur muss vor der Installation geprüft werden. Z.B. ausreichend grosse Kabeltrassen, Trennung zwischen Datenkabeln und Stromversorgungskabeln, Steigzonen genügend gross bemessen usw. • Die Beschriftungen müssen überprüft werden. Die Bezeichnungen müssen dauerhaft an den betreffenden Komponenten angebracht sein. • Die ordnungsgemässe Installation der Verkabelung ist regelmässig zu prüfen (Radien eingehalten, keine Knicke in den Kabeln, regelmässige Messungen usw.). • Kritische Stellen beim Einziehen der Installationskabel müssen erkannt und beseitigt werden oder es sind geeignete Lösungen vorzusehen. • Es ist dem Projektumfang entsprechend angemessenes Personal bereitzustellen (hinsichtlich Fähigkeiten und Anzahl). • Alle notwendigen Werkzeuge müssen zur Verfügung stehen.	Installateur

Abnahme	• Während der Installation und vor dem zeitplanmässigen Abschluss des Projektes (Absprache mit Endkunden) müssen regelmässige Tests durchgeführt werden. • Es sind Tests gemäss den Vorgaben des Systemlieferanten und des Messgeräteherstellers sowie dem Planungsverlauf durchzuführen. • Die Messgeräte müssen ihrem Zweck entsprechen und einwandfrei funktionieren. • Die Messgeräte müssen entsprechend ihrer Herstellerspezifikation kalibriert werden (in der Regel einmal jährlich). • Testköpfe für LWL-Messungen müssen entsprechend ihrer Herstellerspezifikation kalibriert werden (in der Regel einmal jährlich).	Installateur, Messfirma
Betrieb	• Es muss sichergestellt sein, dass das System entsprechend seiner Kapazität effizient genutzt wird. • Die eingesetzte Verkabelung muss spezifikationsgemäss genutzt werden. • Der Wartungsplan muss Reparaturmassnahmen abdecken.	Gebäudebetreiber

Tabelle 1: Qualitätssicherung im Projektablauf

3 VOR DER INSTALLATION

3.1 ALLGEMEINES

3.1.1 NORMEN FÜR DIE GEBÄUDEVERKABELUNG

Die folgende Liste enthält die derzeit geltenden Verkabelungsnormen und ihren jeweiligen Status. Bei Unsicherheiten oder möglicherweise widersprüchlichen Angaben verwendet R&M die ISO/IEC 11801 als Referenznorm. Die aktuell gültige Ausgabe finden Sie im „Anhang 1 zum Garantieprogramm“, Kapitel 3.

ISO Norm	Beschreibung	Status
ISO/IEC 11801: Ausg. 2.2 (2012)	Informationstechnik - Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen für Gebäudekomplexe	ratifiziert
ISO/IEC 24764: A1:2014	Informationstechnik - Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen für Rechenzentren	ratifiziert
ISO/IEC 14763-2: 2012	Informationstechnik - Errichtung und Betrieb von Standortverkabelung - Teil 2: Planung und Installation	ratifiziert
ISO/IEC 14763-3: 2014	Informationstechnik - Errichtung und Betrieb von Standortverkabelung - Teil 3: Messung von Lichtwellenleiterverkabelung (ISO/IEC 14763-3:2014)	ratifiziert
ISO/IEC 30129	Anwendung von Maßnahmen für Erdung und Potentialausgleich in Gebäuden mit Einrichtungen der Informationstechnik (ISO/IEC DIS 30129:2014)	ratifiziert

Tabelle 2: ISO Norm

TIA Norm	Beschreibung	Status
TIA-607-B-2: 2013	Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen für Gebäudekomplexe - Anhang 2, Allgemeine Aktualisierungen	ratifiziert
TIA-568-C.0: A2:2012	Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen für Gebäudekomplexe, Allgemeine Aktualisierungen	ratifiziert
TIA-568-C-1: A1:2012	Kommunikationskabelanlagen für Bürogebäude, Allgemeine Aktualisierungen	ratifiziert
TIA-942-A A1:2014	Telekommunikationsinfrastruktur für Rechenzentren, Verkabelungsrichtlinien für Rechenzentrumsstrukturen	ratifiziert

Tabelle 3:TIA Norm

EN Norm	Beschreibung	Status
EN 50173-1: 2011	Informationstechnik - Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen	ratifiziert
EN 50173-2: 2007/A1:20010/AC:2011	Informationstechnik - Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen - Teil 2: Bürogebäude	ratifiziert
EN 50173-3: 2007/A1:20010/AC:2011	Informationstechnik - Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen - Teil 3: Industriell genutzte Gebäude	ratifiziert
EN 50173-4: 2007/AC:2011/A2:2012	Informationstechnik - Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen - Teil 4: Wohnungen	ratifiziert
EN 50173-5: 2007/AC:2011/A2:2012	Informationstechnik - Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen - Teil 5: Rechenzentren	ratifiziert
EN 50173-6: 2013	Informationstechnik - Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen - Teil 6: Verteilte Gebäudedienste	ratifiziert
EN 50174-1: 2009/A1:2011	Informationstechnik – Installation von Kommunikationsverkabelung Teil 1: Installationsspezifikation und Qualitätssicherung	ratifiziert
EN 50600-1: 2012	Informationstechnik - Einrichtungen und Infrastrukturen von Rechenzentren - Teil 1: Allgemeine Konzepte	ratifiziert
EN 50600-2-1: 2014	Informationstechnik - Einrichtungen und Infrastrukturen von Rechenzentren - Teil 2-1: Gebäudekonstruktion	ratifiziert
EN 50600-2-2: 2014	Informationstechnik - Einrichtungen und Infrastrukturen von Rechenzentren - Teil 2-2: Stromversorgung	ratifiziert
EN 50600-2-3: 2015	Informationstechnik - Einrichtungen und Infrastrukturen von Rechenzentren - Teil 2-3: Regelung der Umgebungsbedingungen	ratifiziert
EN 50600-2-4: 2014	Informationstechnik - Einrichtungen und Infrastrukturen von Rechenzentren - Teil 2-4: Infrastruktur der Telekommunikationsverkabelung	Entwurf
EN 50600-2-5: 2014	Informationstechnik - Einrichtungen und Infrastrukturen von Rechenzentren - Teil 2-5: Sicherungssysteme	Entwurf
EN 50600-2-6: 2014	Informationstechnik - Einrichtungen und Infrastrukturen von Rechenzentren - Teil 2-6: Informationen für das Management und den Betrieb	Entwurf
EN 50174-2: 2009/AB2013	Informationstechnik – Installation von Kommunikationsverkabelung Teil 2: Installationsplanung und Installationspraktiken in Gebäuden	ratifiziert
EN 50174-3: 2013	Informationstechnik – Installation von Kommunikationsverkabelung Teil 3: Installationsplanung und Installationspraktiken im Freien	ratifiziert
EN 50310: 2010	Anwendung von Massnahmen für Erdung und Potenzialausgleich in Gebäuden mit Einrichtungen der Informationstechnik	ratifiziert

Tabelle 4: EN Norm

3.1.2 MICE (MECHANICAL, INGRESS, CLIMATIC, ELECTROMAGNETIC)

Damit Unternehmen trotz dieser differenzierten Anforderungen dennoch standardisiert und ökonomisch planen und verkabeln können, haben die ISO/IEC-Normierungsgremien das MICE Konzept (**Error! Reference source not found.**) erarbeitet. Kernstück dieses Konzepts ist die so genannte MICE-Matrix, die Planern eine leicht überschaubare Methode zur Beschreibung von Umwelt- und Umgebungsbedingungen für Verkabelung an die Hand gibt.

Die Matrix wird nach dem letzten Stand der Beratungen Bestandteil der kommenden Norm für strukturierte Verkabelung in Industrieanlagen (ISO/IEC 24702 Information Technology - Generic cabling - Industrial premises). Ebenso wird sie Eingang finden in die aktualisierte europäische Normenreihe EN 50173, die den Industriebereich in der EN 50173-3 behandeln wird.

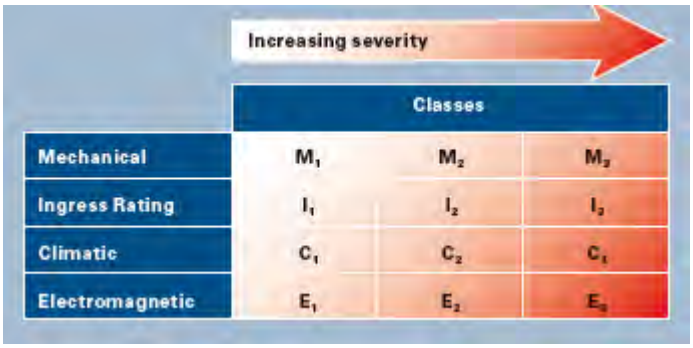
Das Konzept der Matrix sieht vor, Umwelt- und Umgebungssituationen in drei Belastungsklassen einzuteilen und anhand von vier Parametern zu betrachten. Klasse 1 entspricht der Belastung in Büroumgebungen und Verteilerräumen, Klasse 2 ist für die Leichtindustrie typisch, Klasse 3 entspricht der Schwerindustrie, dem Maschinenumfeld und Outdoor-Bedingungen. Der einprägsame Name MICE ergibt sich aus den einzelnen Parametern:

M = Mechanical rating (mechanische Belastung, Schock, Vibration, Druck, Schlag)

I = Ingress rating (Eindringen von Fremdkörpern, Staub, Feuchtigkeit, Eintauchen)

C = Climatic rating (klimatische Belastung, Strahlung, Flüssigkeit, Gase, Verschmutzung)

E = Electromagnetic rating (elektrostatische, elektromagnetische u.ä. Belastungen)



Den primären Parametern sind wiederum Kriterien und Normen aus mehreren relevanten Fachgebieten zugeordnet sowie jeweils ein Spektrum physikalischer und chemischer Größen. Insgesamt berücksichtigt MICE mehr als hundert Einzelfaktoren bzw. sekundäre Parameter.

Damit geht das MICE-Konzept von einer sehr weit gefassten Betrachtung aus. Bisher unterschied man in der Diskussion über Industrial Ethernet lediglich die beiden Klassen Light Duty und Heavy Duty Environments. Auch hier wurden vier Parameter angenommen: Schutzklassen nach IEC bzw. EN 60529, Betriebstemperatur, Schock und Vibration (IEC bzw. EN 60068-2-x).

Aber auch das MICE-Konzept ist nicht allumfassend. Es berücksichtigt nur typische Gebäude- und Industrieumgebungen. Spezielle Sicherheitsfragen (z.B. Schutz vor Manipulation und Angriff, Sicherheit für Menschen und Tiere), Brandgefahr und Explosionsrisiken werden durch die MICE-Klassen nicht abgedeckt. Auch elektrische, nukleare und chemische Risiken und Gefahren können nicht in der ganzen Breite behandelt werden, die in der industriellen Fertigung vorkommt. MICE ist also kein Universalwerkzeug für die Planung nach ISO/IEC 24702 bzw. IEC 61918. In jedem Fall müssen auch nationale Gesetze und Normen und branchenspezifische Sicherheitsvorschriften berücksichtigt werden, insbesondere bei Umgebungen, in denen Starkstrom im Einsatz ist.

White Paper 1: MICE Umgebungsklassen

http://www.rdm.com/de/desktopdefault.aspx/tabid-207/333_read-412/

Sicherheitssystem
Das dreistufige R&M Sicherheitssystem bietet eindeutige Codierungen sowie Ein- und Aussteckschutz für kritische Datenkanäle.

Schnellmontage
Schnelle und sichere Montage: DIN Schienen Module DRM45 für RJ45, SC-RJ oder E-2000™ Compact werden einfach eingeschnappt.*

* E-2000TM gefertigt in Lizenz der Diamond SA, Losone

Gebäudeanschluss
Venus Boxen mit Schutzklasse IP43 oder IP54. Schützen Gebäudeanschlussknoten auf engstem Raum.

Platz sparen
Höherer Automationsgrad, steigender Informationsbedarf: Komponenten von R&M wie der feldmontierbare FM45. Vereinfachen den Anschluss von Automaten mit höchster Netzwerkverfügbarkeit.

3.1.3 EMV-KONZEPTE

Das Erdungskonzept bildet die Grundlage eines umfassenden EMV- und Sicherheitskonzepts und sollte bei der Wahl des Verkabelungssystems (geschirmt/ungeschirmt) unbedingt mit einbezogen werden. Das zu verkabelnde Gebäude muss genauestens auf den bestehenden Potenzialausgleich hin untersucht werden. Die lokalen Vorschriften bezüglich der Erdung müssen eingehalten werden. Die folgenden Abbildungen zeigen verschiedene für Erdungssysteme mögliche Strukturen.

Traditionell wurde im Telekommunikationssektor eine Baum- oder Sternstruktur bevorzugt. Bei diesem System werden die unterschiedlichen Erdungsstränge an einem zentralen Erdungspunkt zusammengeführt. Auf diese Weise lassen sich Erdschleifen weitgehend verhindern und niederfrequente Störungen (Brummen) werden verringert.

In neuerer Zeit und bei hochfrequenter Datenübertragung wird allerdings fast immer die Maschenerdung verwendet. Bei dieser Form der Erdung muss das Gebäude als Ganzes an möglichst vielen Stellen gute Erdungspunkte aufweisen (Bild 2). Wichtig bei dieser Ausführung ist, dass alle metallischen Objekte in den Gebäuden mit entsprechend tauglichen Verbindungselementen in die Erdführung einbezogen werden. Diese Verbindungselemente müssen zur Ableitung hochfrequenter Ströme eine möglichst grosse leitfähige Oberfläche aufweisen (z.B. Massebänder, Metallschienen, Verbindungsschienen usw.).

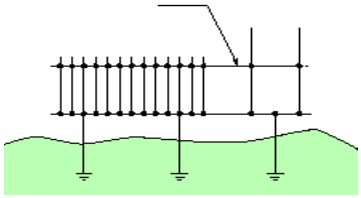


Bild 2: Gebäudeerdung

In Gebäuden, in denen keine kontinuierliche Maschenstruktur für die Erdung aufgebaut werden kann, lässt sich die Situation durch das Einrichten von Zellen verbessern. Solche lokale Maschenerdungen können aus Metallkabelkanälen, Doppelböden oder parallel geführten Kupferleitungen nachgebildet werden.

Wo Doppelböden ohne Trägerschienen für die Bodenelemente verwendet werden, sollten die Elementträger maschenförmig miteinander verbunden werden, um eine optimale Wirkung zu erreichen.

Werden unterschiedliche Metalle miteinander verbunden, muss einer möglichen Zerstörung der Kontaktpartner durch elektrochemische Korrosion Rechnung getragen werden. Es gilt dabei, Kontaktpartner zu wählen, deren elektrochemische Potentiale möglichst ähnlich sind, oder die Kontaktstelle mit geeigneten Massnahmen vor Umwelteinflüssen (d.h. Feuchtigkeit) zu schützen.

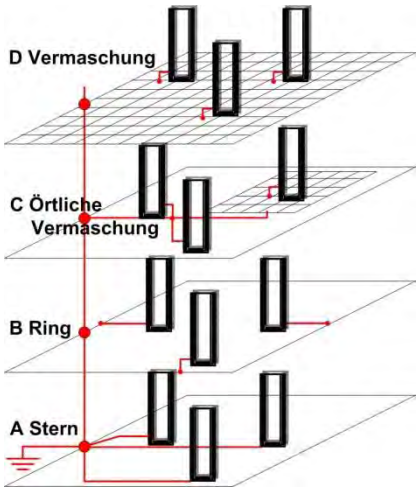


Bild 3: EN 50310 Minimum

Bei einer geschirmten UGV muss der Schirm im Etagenverteiler an die Erdung angeschlossen werden. Gibt es in der betreffenden Etage eine gute Maschenerdung, kann auch die Anschlussdose geerdet werden. Dies schützt zusätzlich gegen externe Störquellen. Bei Systemen ab 10GBase-T wird in stark störanfälligen Industrieumgebungen die Erdung der Anschlussdose in jedem Fall empfohlen. Das vorliegende Installationshandbuch empfiehlt, die Anforderungen gemäss EN 50174-2 und EN 50310 einzuhalten.

Aus Sicht der Installation ist darauf zu achten, dass die physikalische Trennung der Hoch- und Niederspannungskabel aufrechterhalten wird. Dieses Thema ist im Detail in 3.2.4 abgedeckt

Wo Doppelböden isoliert montiert werden, sollten die Halterungen der Trägerschienen in einem Potentialnetzmuster miteinander verbunden werden um optimale Ergebnisse zu erzielen. Es ist nicht notwendig jeden Träger miteinander zu verbinden. Der Erdungsgitterrahmen muss mit einer grösstmöglichen Gitterabmessung von 2m in jeder horizontalen Richtung aufgebaut sein. .Der Querschnitt der Leiter, die der Erdungsgitterrahmen bilden, muss mindestens 10mm2 betragen. Falls der Doppelboden einen elektrostatischen Schutz aufweist, muss der Gleichstromwiderstand zwischen dem Doppelboden und dem Erdungsgitterrahmen zwischen 1 und 10MΩ sein. Die bisherigen genannten Bedingungen sind aufzuzeichnen und regelmässig wieder zu messen, wenn der Doppelboden gewartet wird; in der Regel alle 5 Jahre.

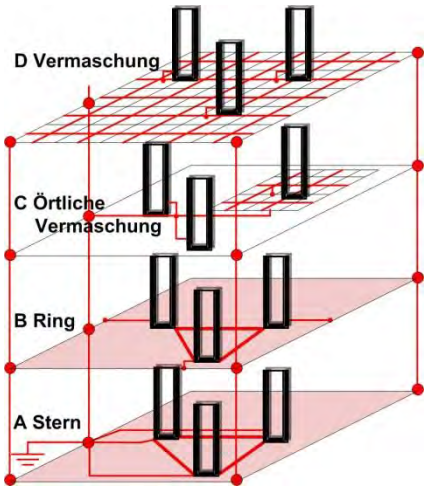


Bild 4: EN50310 Empfehlung

Alle Schränke müssen über eine Erdungsschiene oder einen Potentialausgleich, mit allen leitenden teilen verbunden werden (einschließlich Patch-Panels). Für geschirmte Verkabelungssysteme muss der Schirm im Verteiler mit der Erdungsanlage verbunden werden. Mit den entsprechenden R&M*freenet* Rangierfeldern kann dies sichergestellt werden. Wenn eine gute Maschenerde verfügbar ist, kann das Modul in der Anschlussdose auch geerdet werden, um zusätzlichen Schutz vor externen Störungen zu bieten. Für 10GBase-T und von Installationen in Industrieumgebungen wird die Erdung Dosenseitig empfohlen.

Darüber hinaus sollte bei einer vorhandenen Gleichstromverteilung ein gemeinsam gültiges EMV Netzwerk koordiniert werden. Wenn ein sekundäres Gleichstromverteilersystem verwendet wird, muss eine DC-I-Installation, wo die L+ und L- nahe beieinander verlegt sind, verwendet werden. Jeder Gleichstromruckleiter des IT-Systems darf nur einmal mit dem L+ verbunden werden. Der L+ muss mit dem Potentialausgleichsanlage, CBN und MESH-BN angeschlossen werden. Der maximale Spannungsabfall im Gleichstromrückleiter darf 1V nicht überschreiten.

Für Wechselstromverteilungsanlagen gibt Tabelle 5 Auskunft um die optimalen EMV-Anforderungen zu wählen. Die europäischen Normen empfehlen das TN-S-System, da diese am wenigsten EMV-Problemen für IT-Geräte und -Kommunikation geben. Des Weiteren ist es empfehlenswert, getrennte Transformatoren für Hochleistungsschaltungen, dh CRAC, Aufzüge, USV, Motoren, zu installieren. Die Transformatoren für die IT-Systeme sollten für EMV-Zwecke als TN-S konfiguriert werden und die ausgehenden elektrischen Verteilungsschaltkreise sollten alle über den Hauptniederspannungsschaltkreis geführt werden.

Verteilungs-netz im Aus-senbereich	Verbraucheranlage im Ge-bäude	EMV	Anmerkungen
TN-S	TN-S	sehr gut	**Bestes System** einer Stromverteilungsanlage bezüglich EMV
TN-C	TN-S	gut	
TN-C-S	TN-S	gut	
TN-C	TN-C	schlecht	**Nicht empfohlen** (Zirkulation in ungewünschten Stromkreisen erzeugen hohe magnetische Felder)
TN-C	TN-C-S	schlecht	
TN-C	TN-C im Keller bis zur Haupterdungsklemme & TN-S zwischen den und in den Stockwerken	gut	**empfohlen**
TT	TT	ausreichend	Risiko von Ausgleichspotential innerhalb des Gebäudes. Kein EMV-Schutz zwischen den Gebäuden, zur Verbesserung der EMV Eigenschaften ist ein Entlastungs-Potentialausgleichsleiter erforderlich.
TT	TN-S mit Trenntransformator (EN 61558-1)	Gut	Guter EMV-Schutz zwischen Gebäuden
IT	IT	ausreichend	Das System wird ungeerdet verbreitet, in FRA in einigen elektrische Anlagen über eine Impedanz geerdet und mit 230/400V sowie in NOR über Spannungsbegrenzer geerdet ohne Neutralleiter und mit 230V von Aussenleiter zu Aussenleiter. EMV Anmerkungen wie für TT/TT.
IT	TN-S mit Trenntransformator (EN 61558-1)	Gut	Guter EMV-Schutz zwischen Gebäuden

Tabelle 5: EMV strom verteilung

Gebäude und Gebäudekomplexe welche eine sehr gute EMV Qualität benötigen, z. Bsp. Spitäler, Telekomzentralen, Militärstützpunkte, usw. sollten eine TN-S Konfiguration wählen um eine betriebliche Sicherheit zu gewährleisten. Vor allem bei Verbindungen zwischen Gebäuden, wo interaktive Dienste genutzt werden. In Bezug auf Personensicherheit sind bei TT Systemen Netzwerkisolatoren (SafeLine) zu installieren und ist ein Entlastungs-Potentialausgleichsleiter erforderlich.

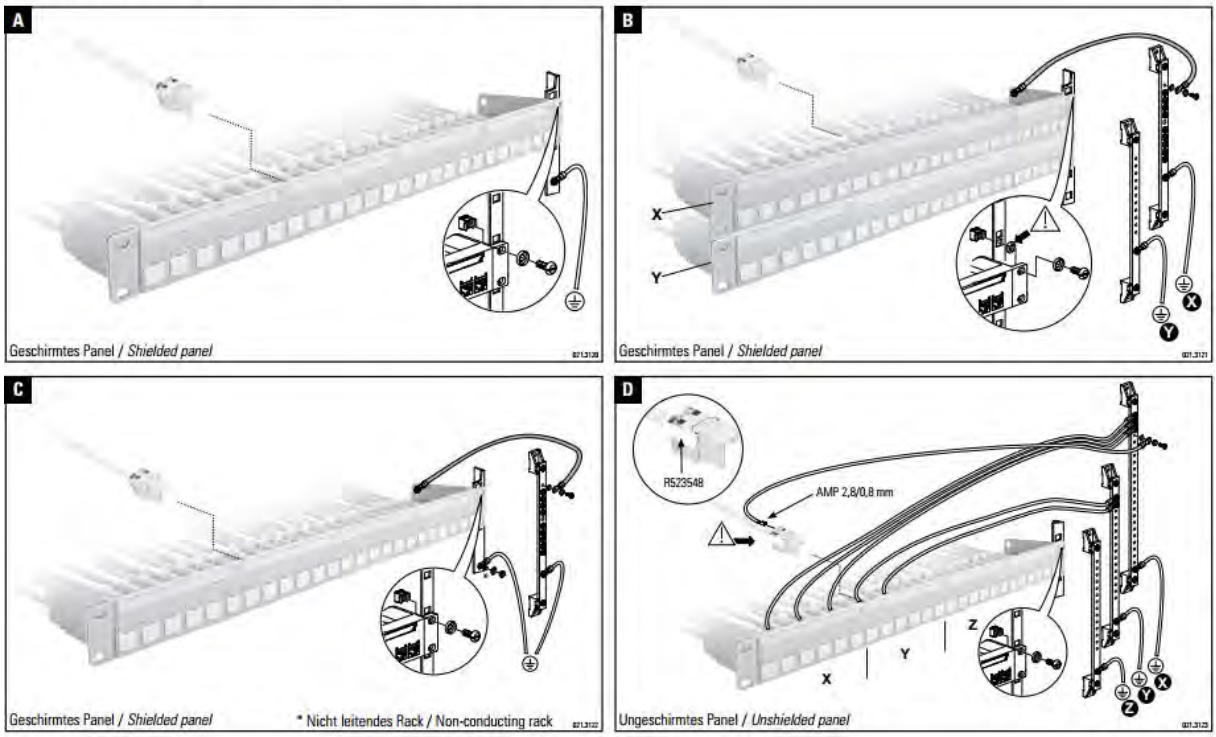
Da TN-S und TN-C hohe Fehlerströme (vorübergehende Störsignale) von ca. 1 kA verursachen können, müssen Geräte mit hohen Leckströmen zusätzlich überwacht werden. Dieses Vorgehen gilt auch für TT Systeme, aber hier gelten kleinere Fehlerströme (einige Amp). In TT und IT Systemen besteht das Risiko auf Überspannungen, was bei IT Systemen zu Problemen mit Gleichtaktfiltern führt.

Diese Richtlinien folgen den Anforderungen der EN 50174-2 und EN 50310.

White Paper 2: EMV

http://www.rdm.com/de/Portaldata/1/Resources/international_pdf-files_library/technische_information/deutsch/EMV_-_Technische_Information.pdf

Erdungskonzept für 24-Port-PC-Panel
Grounding concept for 24-Port-PC-Panel
Principe de mise à la terre pour panneau 24-Ports-PC



White Paper 3 : Erdung von Rangierfeldern
http://www.rdm.com/de/desktopdefault.aspx/tabid-207/333_read-2218/

3.1.4 INFRASTRUKTUR PROGRAMM

Dieses Programm besteht aus einer Anzahl von Arbeitsabschnitten, die der Installateur eindeutig verstehen sollte.

- Raum Bereit RB Phase 1: Alle nicht IT-relevanten Arbeiten sollten erledigt sein. Alle Bauarbeiten, alle Wasser- und Klimaleitungen, Doppelböden, Innenausstattungen sollten abgeschlossen sein. Der Raum muss „staubfrei“ sein und ab dieser Phase ist der Raum verschlossen. Weitere Arbeiten in diesem Raum brauchen eine Bewilligung. Zusätzlich müssen die Räume durch eine Schmutzschleuse versehen werden. Ab jetzt müssen diese Räume, inklusiv unter den Doppelböden, wöchentlich gereinigt werden (Verantw. Bauleiter).
- RB Phase 2: Alle Sanitären Anlagen müssen in Betrieb sein, elektrische Verkabelungen, letzte Reparaturarbeiten, IT Verkabelungen und Kerndienstleitungen sind erledigt. Die ganzen Räume sind „klinisch sauber“ und von Luftverunreinigung abgesichert.
- RB 3: Alle Stromversorgungen laufen über USV und Stromgeneratoren (ab dieser Phase wird viel programmiert und unerwarteter Stromunterbruch kann Schaden verursachen). Stromunterbrüche können zu kritischen Verspätungen führen und müssen Minimum 72 Stunden vorher schriftlich gemeldet werden. Die definitiven Türen sollten installiert sein, aber müssen noch nicht mit dem Sicherheitsnetzwerk verbunden sein.
- Dauerstrombetrieb: Gültig für alle Verteiler. Alle Gebäudesysteme unterliegen nun dem Change Management (ITIL).
- IT Infrastruktur ist vollumfänglich betriebsbereit: Endabnahme bestanden und bereit zur Übergabe an den Endkunden.

Diese Projektabschnitte und Definitionen sind entscheidende Elemente des Installationsverlaufes

3.1.5 PROJEKTAUSSCHREIBUNG/SPEZIFIKATIONEN

Der Inhalt der Normen und Anforderungen muss in einem Dokument eingebunden werden, damit interessierte Installateure wissen, welche Kabelinfrastruktur und Leistungen sie zu erbringen haben. Dies ist oft eine schwierige Aufgabe, da die Dokumente nicht immer auf dem neuesten Stand sind.

Zur Erleichterung dieser Aufgabe hat R&M eine Reihe von Projektausschreibungsunterlagen für Planer und Endkunden bereitgestellt. Diese Dokumente sind auf dem aktuellsten Stand und mit den neuesten Normen für die Datenverkabelung auf unserer Webseite hinterlegt. **Technical Specification – Data Center Cabling**

3.2 KUPFER

3.2.1 KUPFER NORMEN

3.2.1.1 Channel Normen

Unterschiede zwischen Klasse und Kategorie in den derzeit gültigen Normen

ISO/IEC 11801 Ausgabe 2.2 (2012) EN 50173-1: 2011	TIA-568-C.2 (2010)
Klasse D (100 MHz)	Kategorie 5e
Klasse E (250 MHz)	Kategorie 6
Klasse E_A (500 MHz)	**Kategorie 6A** **entspricht nicht Klasse E_A!!**
Klasse F (600 MHz)	nicht enthalten
Klasse F_A (1000 MHz)	nicht enthalten

Tabelle 6: Unterschiede zwischen den Normen

3.2.1.2 Komponenten Norm

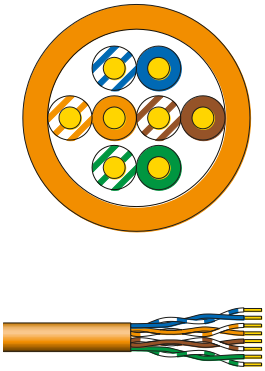
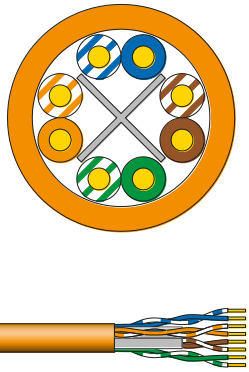
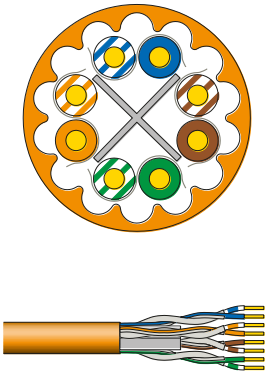
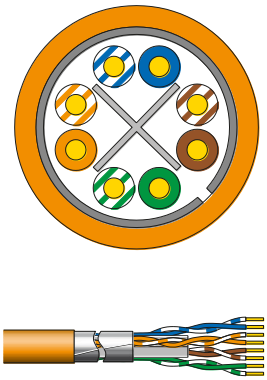
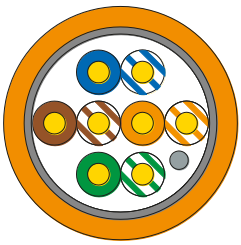
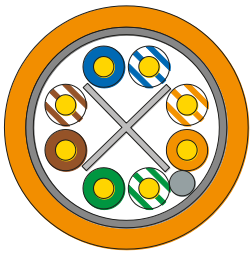
Steckernorm im PL und Channel

R&Mfreenet System	Permanent Link (PL)	Channel (CH)
Kat 5e	Klasse D	Klasse D
Kat 6	Klasse E	Klasse E
Kat 6 real 10 (Geschirmt)	Klasse E	Klasse E_A
Kat 6_A EL	Klasse E_A	Klasse E_A
Kat 6_A ISO	Klasse E_A	Klasse E_A
	NEXT Reserve min 4dB	

Tabelle 7: R&M*freenet* Steckernorm im PL und Channel

Kabel Aufbau und Eigenschaften

Die Kabelbenennung umfasst 2 Hinweise zum Aufbau der Kabel. Der erste Buchstabe beschreibt die äussere Schirmung und der zweite Buchstabe die Schirmung der individuellen Paare.

R&M*freenet* Lösung	Kat. 5e	Kat. 6	Kat. 6A/7/7A
U/UTP			
U/UTP WARP			
F/UTP			

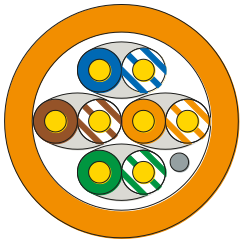
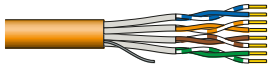
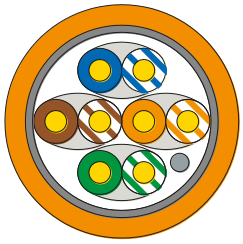
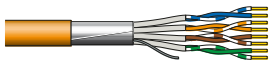
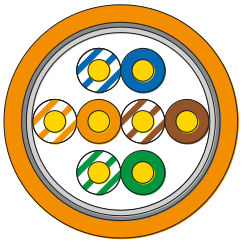
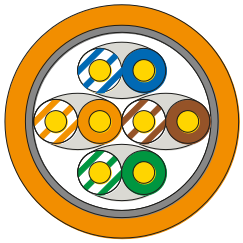
R&M*freenet* Lösung	Kat. 5e	Kat. 6	Kat. 6A/7/7A
U/FTP			 
F/FTP			 
SF/UTP (Kat.5e) S/FTP (Kat.6A/7/7A)			

Tabelle 8: TP Kabelaufbau

3.2.2 LÄNGENBESCHRÄNKUNGEN SYMMETRISCHE INSTALLATIONSKABEL

3.2.2.1 Längenberechnungen für die verschiedenen Modelle einer UGV

Die folgende Tabelle dient dazu, die maximale Länge der fest installierten Kabel zu berechnen. Wichtig ist, dass die vom Planer oder Installateur berechnete Länge des fest installierten Kabels nie überschritten wird, auch nicht bei allfälligen Erweiterungen. Es ist darauf zu achten, dass bei allfälligen Wartungsarbeiten nicht andere Längen von Rangier-/Anschlusskabeln verwendet werden. Sonst kann nicht garantiert werden, dass die zuvor berechnete Übertragungsstrecke einwandfrei funktioniert.

Wird ein optionaler Sammelpunkt (SP) und/oder ein Rangierfeld mit einbezogen, ist zwischen den folgenden Verkabelungsmodellen zu unterscheiden.

Segment	Minimum (m)	Maximum (m)
EV-SP	15	85
SP-TA	5	-
EV-TA (ohne SP)	15	90
Geräteanschlusskabel [a]	2	5
Rangierkabel	2	-
Geräteverbindungskabel [b]	2	5
alle Kabel	-	10

Tabelle 9: UGV-Längen gemäß ISO/IEC 11801

a Wenn kein Sammelpunkt (SP) vorhanden ist, beträgt die minimale Länge des Geräteanschlusskabels 1 m.
b Wenn keine Rangierung vorhanden ist, beträgt die minimale Länge des Geräteverbindungskabels 1 m.

Gleichungen für horizontale Übertragungsstrecken im Bürogebäude

Modell	Modellgleichungen		
	Klasse D Channel	Klasse E/E_A Channel	Klasse F/F_A Channel
2 Stecker	H = 109 – F*X	H = 107 – 3[a] – F*X	H = 107 – 2[a] – F*X
3 Stecker	H = 107 – F*X	H = 106 – 3[a] – F*X	H = 106 – 3[a] – F*X
3 Stecker SP	H = 107 – F*X – C*Y	H = 106 – 3[a] – F*X – C*Y	H = 106 – 3[a] – F*X – C*Y
4 Stecker	H = 105 – F*X – C*Y	H = 105 – 3[a] – F*X – C*Y	H = 105 – 3[a] – F*X – C*Y

Tabelle 10: Gleichungen für horizontale Übertragungsstrecken (siehe auch Diagramme auf den nächsten Seiten)

a Diese Längenkürzung ist notwendig, um eine Marge für unterschiedliche Dämpfungen bei hohen Frequenzen zu schaffen.

C Länge des SP-Kabels (m) (SP = Sammelpunkt)
F kombinierte Länge der Rangier-/Anschlusskabel, Geräte-/Arbeitsplatzseite (m)
H maximale Länge der festen horizontalen Verkabelung (m)
L Länge des LVP-Kabels (m)
X Kabeldämpfungsfaktor zwischen flexiblen Kabel mit kleinerem Kupfer Querschnitt und Installationskabel (UTP/STP =1,5)
Y Kabeldämpfungsfaktor zwischen flexiblen Kabel mit kleinerem Kupfer Querschnitt und Installationskabel (SP-Kabel UTP/STP = 1,5)
Z grösste Länge des Bereichsverteilungskabels (m)

Hinweise:

- Wenn die Umgebungstemperatur bei Betrieb über 20°C liegt, muss H bei geschirmten Installationen um 0,2% pro °C gekürzt werden. Bei ungeschirmten Installationen beträgt dieser Faktor 0,4% für Temperaturen von 20°C bis 40°C und 0,6% für Temperaturen von 40°C bis 60°C.

3.2.2.2 Modelle für horizontale Übertragungsstrecken in Bürogebäuden

3.2.2.2.1 Modelle

Modell Durchverbindung-TA

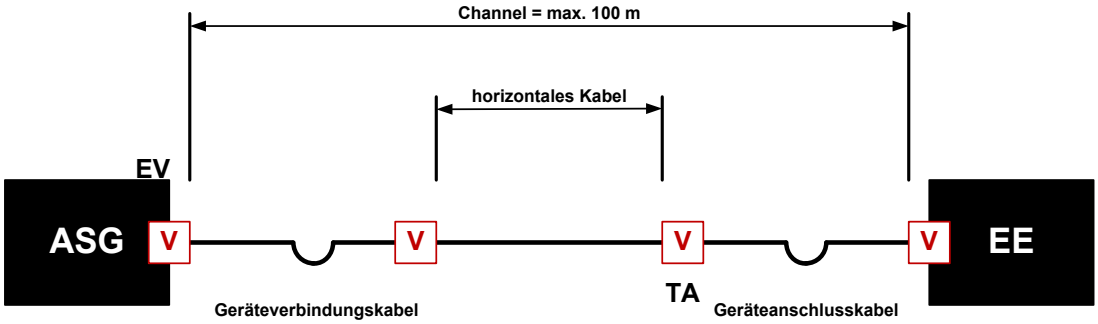


Bild 5: Modell Durchverbindung-TA

Modellgleichungen		
Klasse D Channel	Klasse E/E_A Channel	Klasse F/F_A Channel
H = 109 – F*X	H = 107 – 3^a – F*X	H = 107 – 2^a – F*X

Tabelle 11: Gleichungen Durchverbindung-TA (Schlüssel siehe 10)

Modell Rangierung-TA

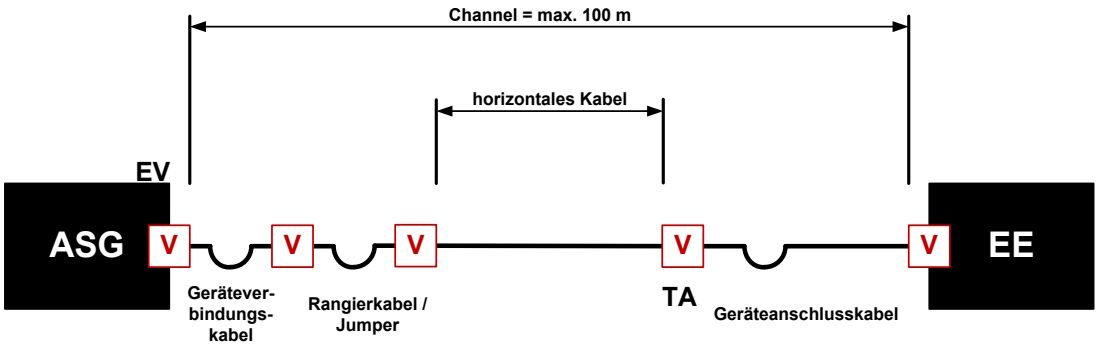


Bild 6: Modell Rangierung-TA

Modellgleichungen		
Klasse D Channel	Klasse E/E_A Channel	Klasse F/F_A Channel
H = 107 – F*X	H = 106 – 3^a – F*X	H = 106 – 3^a – F*X

Tabelle 12: Gleichungen Rangierung-TA (Schlüssel siehe 10)

Modell Durchverbindung-SP-TA

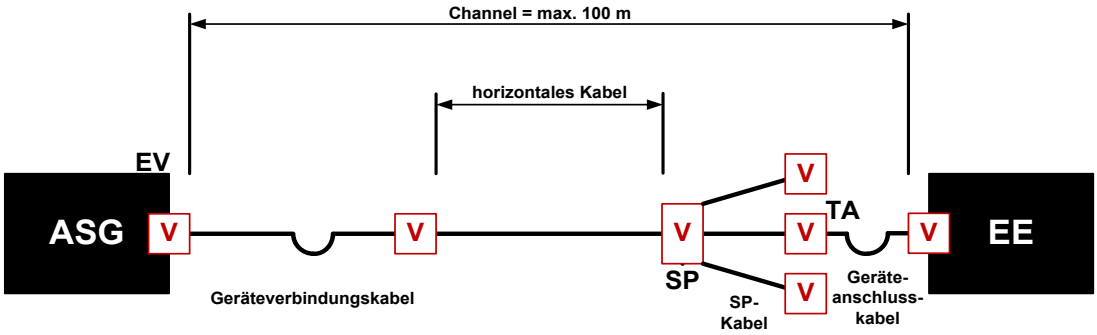


Bild 7: Modell Durchverbindung-SP-TA

Modellgleichungen		
Klasse D Channel	Klasse E/E_A Channel	Klasse F/F_A Channel
H = 107 – F*X – C*Y	H = 106 – 3[a] – F*X – C*Y	H = 106 – 3[a] – F*X – C*Y

Tabelle 13: Gleichungen Durchverbindung-SP-TA (Schlüssel siehe 10)

Modell Rangierung-SP-TA

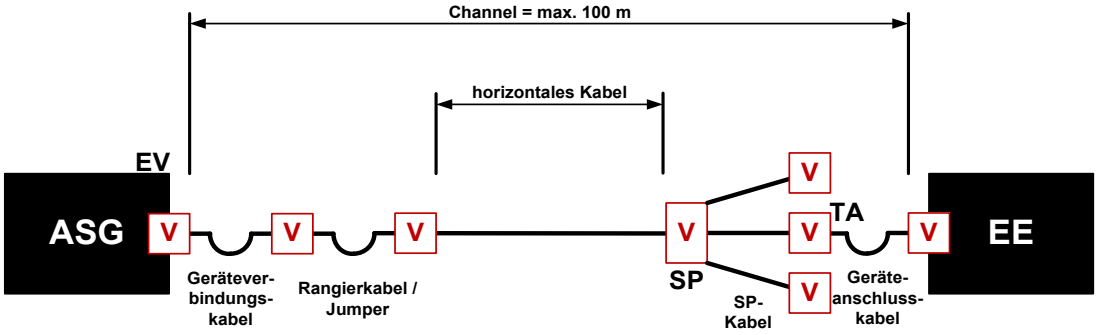


Bild 8: Modell Rangierung-SP-TA

Modellgleichungen		
Klasse D Channel	Klasse E/E_A Channel	Klasse F/F_A Channel
H = 105 – F*X – C*Y	H = 105 – 3[a] – F*X – C*Y	H = 105 – 3[a] – F*X – C*Y

Tabelle 14: Gleichungen Rangierung-SP-TA (Schlüssel siehe 10)

3.2.2.2.2 Einschränkungen gemäss Referenzmodell nach ISO11801

- Die physische Länge des fest installierten Permanent Link, also des Installationskabels (wenn kein SP-Kabel vorhanden), darf 90m nicht überschreiten.
- Die physische Länge des Channel darf 100m nicht überschreiten.
- Der Sammelpunkt (SP) muss mindestens 15m vom Etagenverteiler entfernt sein.
- Das Kabel zwischen SP und TA muss mindestens 5m lang sein.
- Wird ein Telekommunikations-Mehrfachanschluss verwendet, dürfen die Geräteanschlusskabel nicht länger als 20m sein.
- Rangier- und Anschlusskabel dürfen nicht länger als 5m sein.

3.2.2.3 Modelle für Bereichsverteilungs-Übertragungsstrecken in Rechenzentren

3.2.2.3.1 Modelle

Modell Durchverbindung-GA

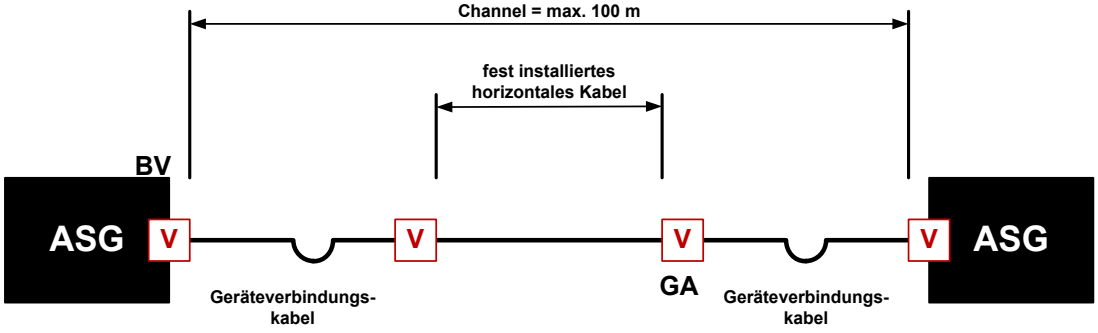


Bild 9: Modell Durchverbindung-GA

Modellgleichungen		
Klasse D Channel	Klasse E/E_A Channel	Klasse F/F_A Channel
H = 109 – F*X	H = 107 – 3^a – F*X	H = 107 – 2^a – F*X

Tabelle 15: Gleichungen Durchverbindung-GA (Schlüssel siehe 10)

Modell Rangierung-GA

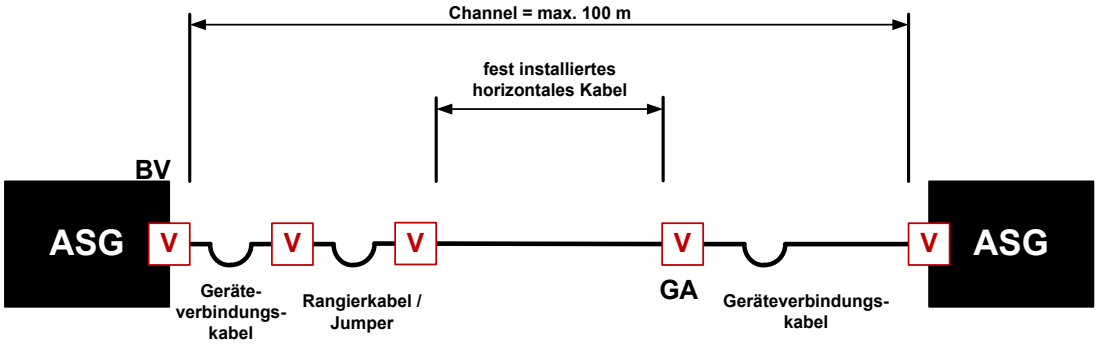


Bild 10: Modell Rangierung-GA

Modellgleichungen		
Klasse D Channel	Klasse E/E_A Channel	Klasse F/F_A Channel
H = 107 – F*X	H = 106 – 3^a – F*X	H = 106 – 3^a – F*X

Tabelle 16: Gleichungen Rangierung-GA (Schlüssel siehe 10)

Modell Durchverbindung-LVP-GA

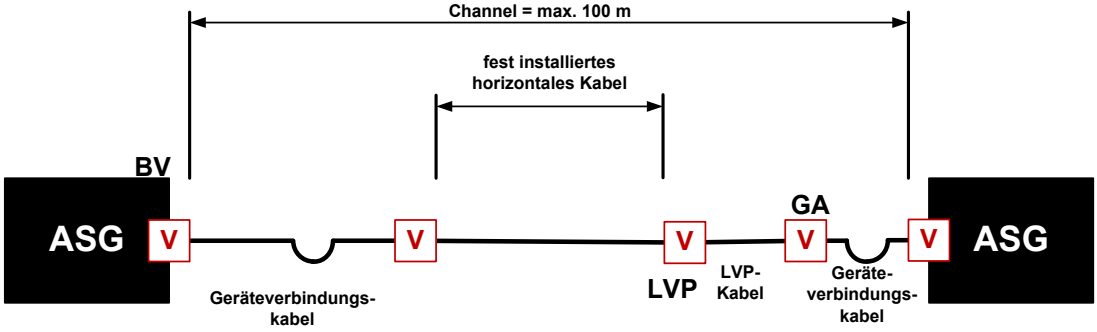


Bild 11: Modell Durchverbindung-LVP-GA

Modellgleichungen		
Klasse D Channel	Klasse E/E_A Channel	Klasse F/F_A Channel
H = 107 – F*X – C*Y	H = 106 – 3^a – F*X – C*Y	H = 106 – 3^a – F*X – C*Y

Tabelle 17: Gleichungen Durchverbindung-LVP-GA (Schlüssel siehe 10)

Modell Rangierung-LVP-GA

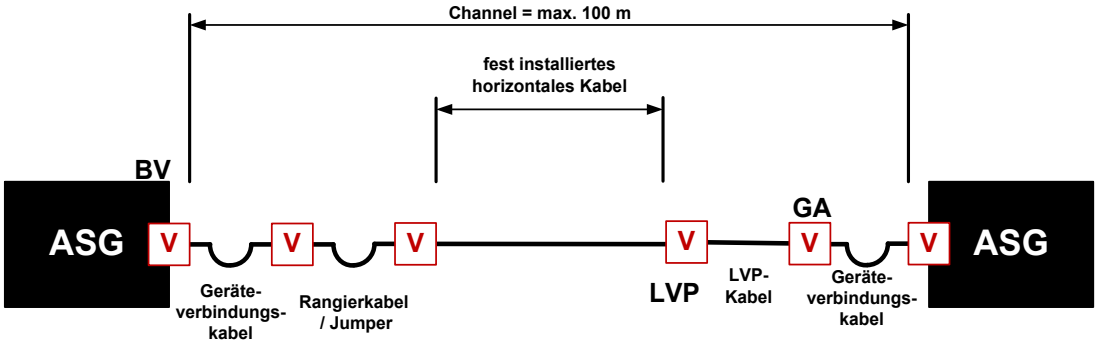


Bild 12: Modell Rangierung-LVP-GA

Modellgleichungen		
Klasse D Channel	Klasse E/E_A Channel	Klasse F/F_A Channel
H = 105 – F*X – C*Y	H = 105 – 3^a – F*X – C*Y	H = 105 – 3^a – F*X – C*Y

Tabelle 18: Gleichungen Rangierung-LVP-GA (Schlüssel siehe 10)

3.2.2.3.2 Einschränkungen gemäss Referenzmodell nach ISO11801

- Die physische Länge des Channel darf 100m nicht überschreiten.
- Die physische Länge des fest installierten Bereichsverteilungskabels darf 90m nicht überschreiten. Je nach der Länge der verwendeten LVP-, Anschluss- und Rangierkabel sowie der Anzahl der Verbindungen kann die maximale Länge auch geringer sein.

3.2.2.4 Modelle für Hauptverteilungs-Übertragungsstrecken in Rechenzentren

3.2.2.4.1 Modelle

Modell Hauptverteilungs-Übertragungsstrecke

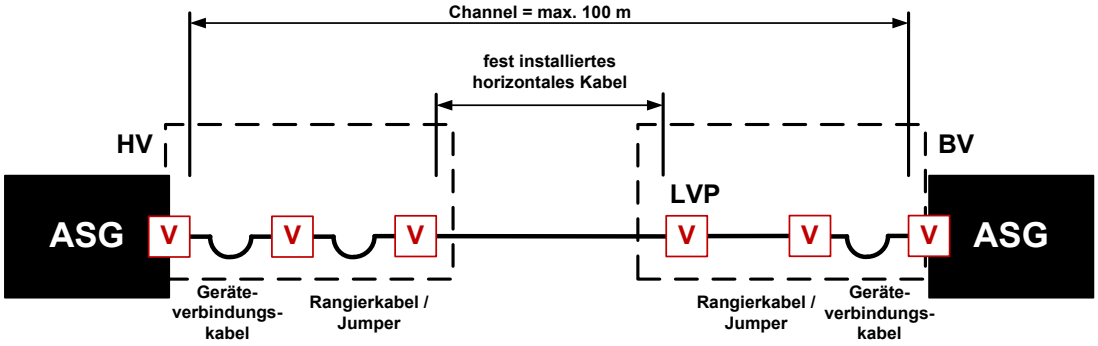


Bild 13: Modell Hauptverteilungs-Übertragungsstrecke

Modellgleichungen		
Klasse D Channel	Klasse E/E_A Channel	Klasse F/F_A Channel
H = 105 – F*X – C*Y	H = 105 – 3[a] – F*X – C*Y	H = 105 – 3[a] – F*X – C*Y

Tabelle 19: Gleichungen Hauptverteilungs-Übertragungsstrecke (Schlüssel siehe 10)

3.2.2.4.2 Einschränkungen gemäss Referenzmodell nach ISO 11801

- Die physische Länge des Channel darf 100m nicht überschreiten.
- Die physische Länge des fest installierten Hauptverteilungskabels darf 90m nicht überschreiten. Je nach der Länge der verwendeten Anschluss- und Rangierkabel sowie der Anzahl der Verbindungen kann die maximale Länge auch geringer sein.

3.2.2.5 Berechnungsbeispiele für eine fest installierte verkabelungsstrecke

1) Geschirmter Kat. 5e-Installation (STP) bei Normaltemperatur (Bild 5)

H = 109 – FX => 109m – (5m + 5m) x 1,5 = 94m

Die maximal zulässige feste Verkabelungsstrecke wäre theoretisch 94m, muss aber auf normgerechte 90m reduziert werden.

2) Ungeschirmter Kat. 6-Installation (UTP) bei 35°C Umgebungstemperatur (Bild 7)

H = 106 – 3 a –FX – CY => 106m – 3m- (5m+ 5m) x 1,5) – (15m x 1,5) = 65.5m

35°C – 20°C = 15°C => 15 x 0,4% = 6% => 65.5m / (1,06) = 62m (61,8m)

Für dieses Projekt ist eine maximale Länge von 69m fester Verkabelung erlaubt, mit maximal 15m SP-Kabel und einer Anschlusskabellänge von maximal 5m.

3.2.3 AUSSERHALB DER NORMEN

Dieses Kapitel umfasst den Einsatz von R&M*freenet* Produkten für Konfigurationen welche nicht in den Normen beschrieben sind. Einige Modelle und Längen für die Installationen sind nicht in den Normen verfasst aber mit R&M*freenet* erfüllbar.

3.2.3.1 Längeneinschränkungen bei Installationskabeln AWG26

In aller strukturierten Verkabelung können AWG-26-Installationskabel verwendet werden. Heute werden diese Kabel hauptsächlich in Datenzentren verbaut.

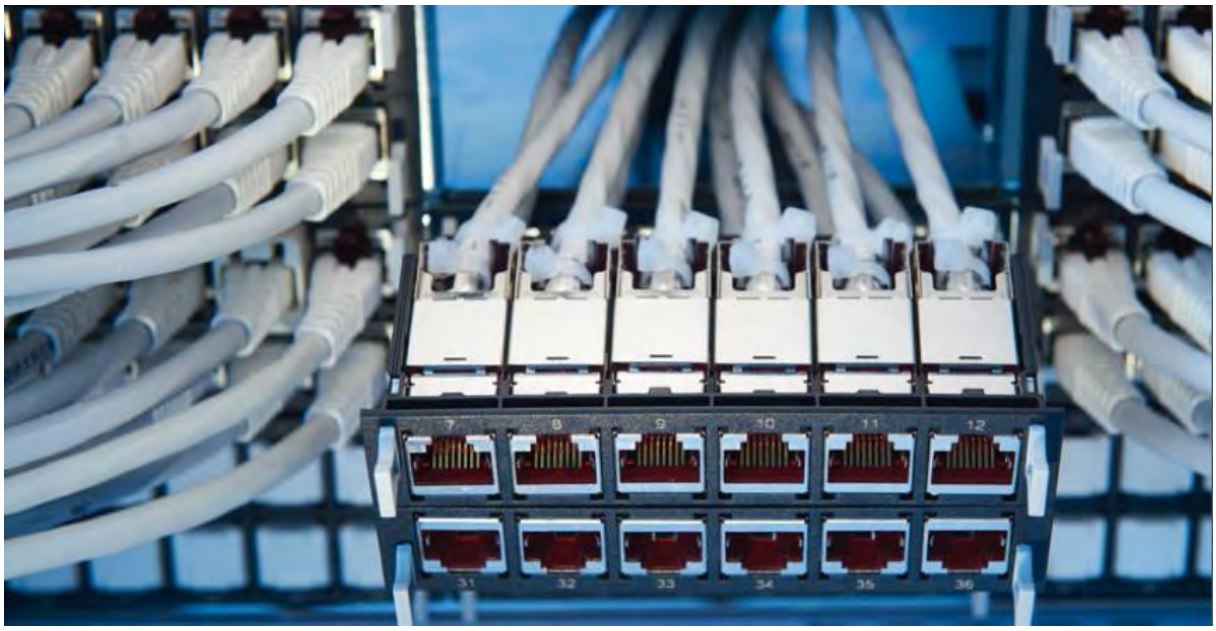
AWG26 – maximale Längen

R&M-System		Kat. 6		Kat. 6 Real10		Kat. 6_A	
Topologie	AWG	PL	CH	PL	CH	PL	CH
Klasse E	26	55 m	65 m	55 m	65 m	55 m	65 m
Klasse EA	26				65 m	55 m	65 m

Tabelle 20: maximale horizontale Länge, R&Mfreenet mit AWG26

- PL: Permanent Link
- CH: Channel
- AWG: American Wire Gauge–Kodierung für Drahtdurchmesser mit Vollader- oder Litzenkabel

Das AWG-26-Installationskabel spart gegenüber einem AWG-23-Installationskabel 25% bis 30% Platz und Gewicht ein. Diese Ersparnis wird mit einer Längeneinschränkung für Permanent Link und Channel von 55m bzw. 65m erkauft.



3.2.3.2 Überlängen für IEEE

Die Philosophie der Verkabelungsnormen ist es Richtlinien für allgemeine Anlagen und Übertragungstechnologien zu bestimmen. Allerdings gibt es Installationsanforderungen die manchmal aus dem Anwendungsbereich der Norm fallen. Eine dieser Situationen ist, wenn ein Gerät über eine Länge von mehr als 100 m mit dem Netzwerk verbunden werden muss.

Es besteht die Möglichkeit, die IEEE Anwendungsparameter zu verwenden. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick, ob eine Verbindungslänge mit dem R&M*freenet* System eine bestimmte Anwendung noch unterstützt.

Effektive Übertragungslänge*	AWG 23 Kat 6A	AWG 22 (R507032) Kat 7	Loomed AWG 23 (R511888) Kat 6A
1000 Base-T	H = 115 – F*X – C*Y	H = 120 – F*X – C*Y	H = 110 – F*X – C*Y
10GBase-T (TR24750)	H = 112 – F*X – C*Y	H = 115 – F*X – C*Y	H = 106 – F*X – C*Y
Class E	H = 111 – F*X – C*Y	H = 115 – F*X – C*Y	H = 105 – F*X – C*Y
Class Ea	H = 110 – F*X – C*Y	H = 115 – F*X – C*Y	H = 104 – F*X – C*Y

Tabelle 21: IEEE erweiterte Übertragungsstrecken(Schlüssel siehe 3.2.2.110)

* Dies sind die effektiven Kabellängen, dh fest installierte Kabel mit 10m Rangierkabel, und basierend auf einem 2 Stecker Modell. Die elektrische Länge wird zwischen 1.75% (Paar 1,2) und 5% (Paar3,6) für AWG22, +/- 1% länger für AWG23 und +/- 6.88% für AWG23 Loomed.

Das R&M*freenet* Produktportfolio umfasst spezielle Kabel für diese Überlängen: R814563 R&M*freenet* S/FTP Klasse E_A 105m LSFRZH AWG22 erreicht folgende Distanzen:

Effektive Übertragungslänge*	(R814563) Kat 7
10GBase-T	H = 120 – F*X – C*Y

3.2.3.3 Kurze Längen bei Kat. 6_A System

Bei der neuen Ausgabe der Norm ISO/IEC 11801 gingen die Experten von Mindest- und Höchstlängen aus, um die Mindestleistung der Komponenten zu berechnen. Das R&M*freenet*-System unterstützt kürzere Permanent Links und Channels.

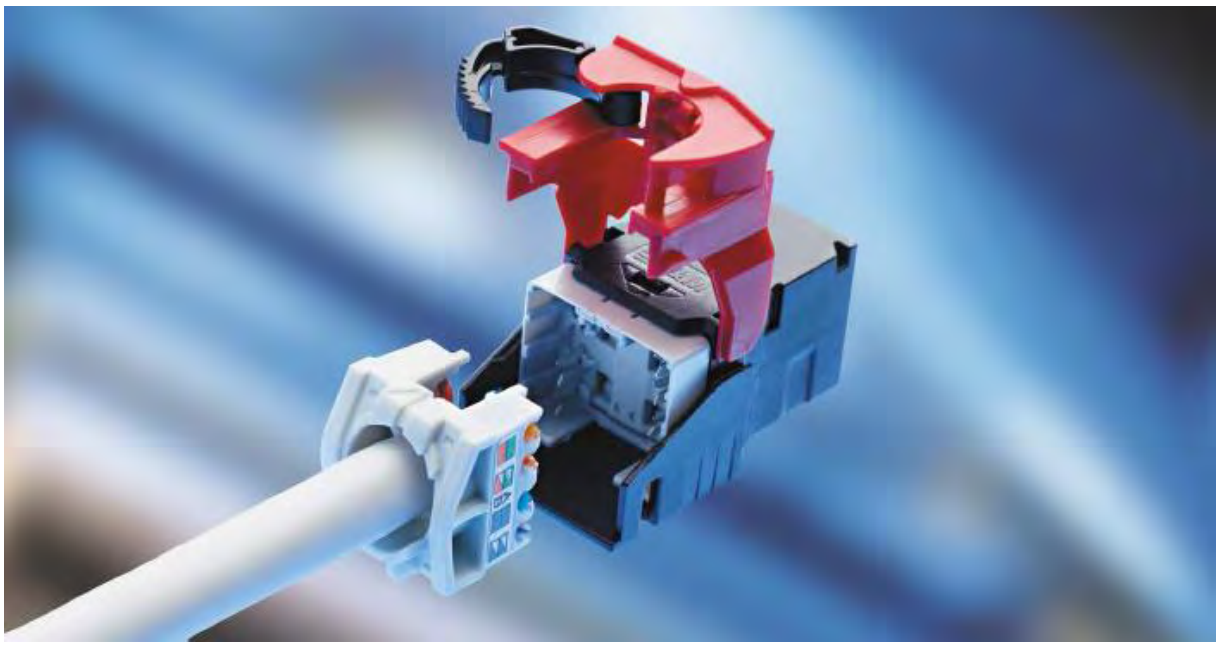
Die folgende Tabelle ist unabhängig vom R&M-Kabeltyp. Sie gilt also für alle U/UTP-, U/FTP-, F/UTP- und S/FTP-Kabel von R&M.

R&M*freenet* Kat6A ISO Modul	Fest installierte Verkabelung	SP-Kabel	Rangierung	Geräteanschluss-/Geräteverbindungskabel
2 Stecker PL 2m	2m	n.z.	n.z.	n.z.
3 Stecker PL 4m	2m	2m	n.z.	n.z.
3 Stecker Ch 6m	2m	2m	n.z.	2*1m
4 Stecker Ch 7m	2m	2m	1m	2*1m

Tabelle 22: minimale horizontale Länge, R&Mfreenet Kat6A ISO

R&M-System Kat6A EL Modul	Fest installierte Verkabelung	SP-Kabel	Rangierung	Geräteanschluss-/Geräteverbindungskabel
2 Stecker PL 5m	5m	n.z.	n.z.	n.z.
3 Stecker PL 15m	10m	5m	n.z.	n.z.
3 Stecker CH 14m	5m	5m	n.z.	2*2m
4 Stecker CH 19m	5m	5m	5m	2*2m

Tabelle 23: minimale horizontale Länge, R&Mfreenet Kat6A EL



3.2.3.4 Andere Verbindungsmodelle

3.2.3.4.1 Ein-Stecker-verbindungsmodell

Bei CATV oder Sicherheitsanlagen kann es notwendig sein, dass das Installationskabel direkt mit dem Gerät verbunden wird. In dieser Konfiguration wird nur ein Modul am Rangierfeld und ein Stecker an der Geräteseite verwendet, z.B. der FM45.

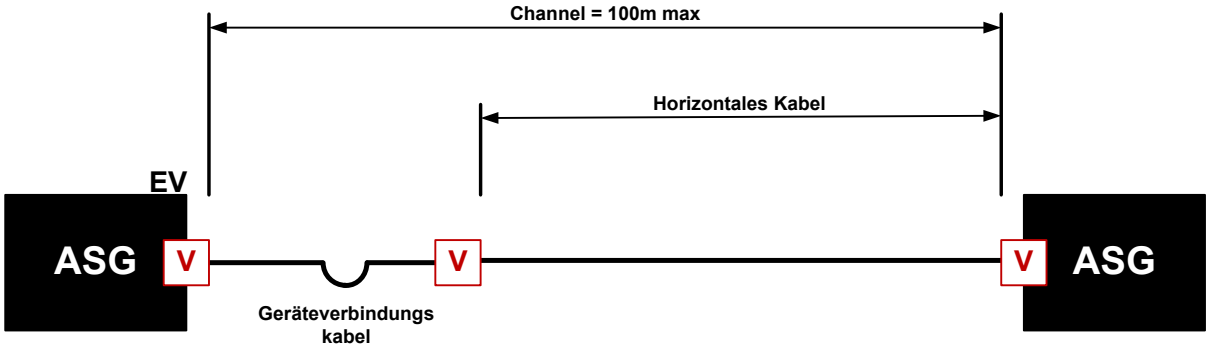


Bild 14: Ein-Stecker-verbindungsmodell

Ein weiteres Beispiel im RZ ist, wenn der Server direkt mit einem Rangierfeld im LVP Schrank verbunden wird.

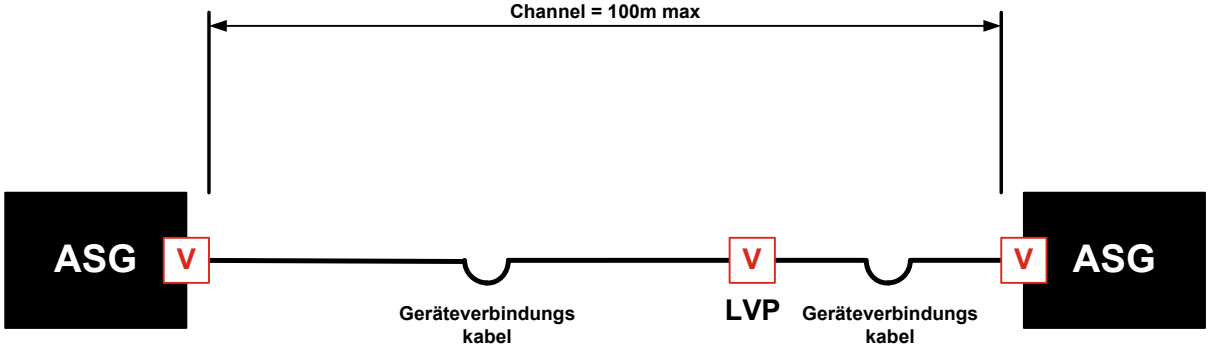


Bild 15: Ein-Stecker-verbindungsmodell mit LVP

Modellgleichungen		
Klasse D Channel	Klasse E/E_A Channel	Klasse F/F_A Channel
$H = 109 – F*X$	$H = 107 – 3^a – F*X$	$H = 107 – 2^a – F*X$

Tabelle 24: Gleichungen Ein Steckerverbindung (Schlüssel siehe 10)

3.2.3.4.2 Back to back Durchverbindungsmodell

Dieses Konzept kann entweder in kleineren Gebäuden mit einem Kupferbackbone oder im RZ benützt werden.

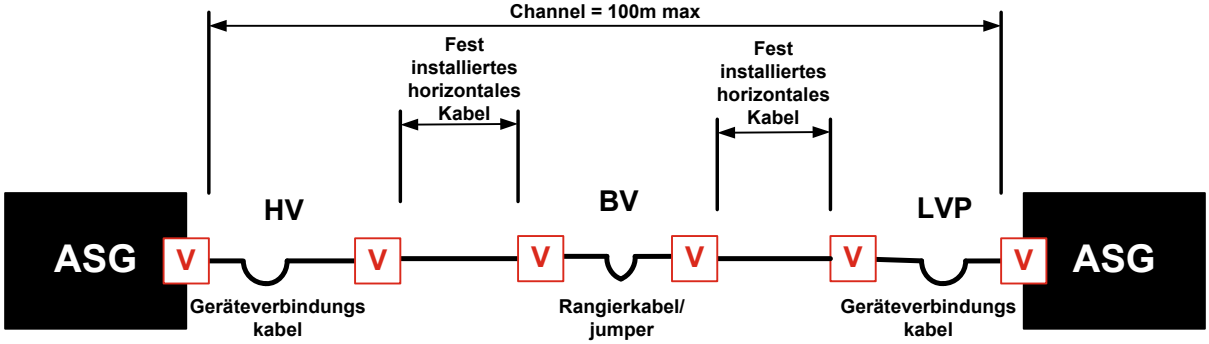


Bild 16: BtB Durchverbindungsmodell

Modellgleichungen		
Klasse D Channel	Klasse E/E_A Channel	Klasse F/F_A Channel
H = 109 – F*X	H = 107 – 3^a – F*X	H = 107 – 2^a – F*X

Tabelle 25: Gleichungen BtB Durchverbindung (Schlüssel siehe 10)

Bei diesem Aufbau muss der Minimumabstand zwischen den Modulen 15m sein. Eine Ausnahme ist der Einsatz des R&M*freenet* Kat6$_A$ ISO Moduls, In diesem Fall reduziert sich der Minimumabstand zwischen den Modulen bis auf 2m.

3.2.3.4.3 Rangierung-Durchverbindung-Rangierung

Hier wird z.B. der Server mittels eines Rangierfeldes im HV abgebildet und im BV werden die Geräte auch mit einem Rangierfeld dargestellt. Die Verbindung zwischen HV und BV ist mit einem fest installierten Kabel verbunden.

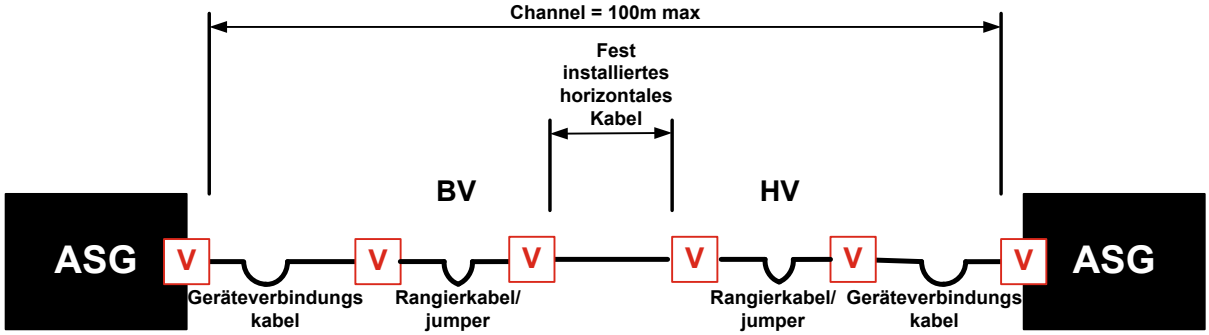


Bild 17: Rangier-Durch-Rangier Verbindungsmodell

Modellgleichungen		
Klasse D Channel	Klasse E/E_A Channel	Klasse F/F_A Channel
H = 109 – F*X	H = 107 – 3^a – F*X	H = 107 – 2^a – F*X

Tabelle 26: Gleichungen RdR Verbindung (Schlüssel siehe 10)

Diese Konfiguration kann nur mit dem R&Mfreenet $Kat6_A$ ISO Modul und einem Minimumabstand von 2m gewährleistet werden.

3.2.4 ABSTÄNDE ZWISCHEN KUPFER-DATENKABELN UND STROMVERSORGUNGSKABELN

3.2.4.1 Allgemeine Anforderungen

Halten Sie die in Tabelle 28 angegeben Mindestabstände zu Stromversorgungskabeln ein. Der in Tabelle 28 genannte Mindestabstand A zwischen Daten- und Stromversorgungskabeln (gemäss EN50174-2:2009/A1:2011/AC:2011) muss eingehalten werden, um die Einflüsse elektromagnetischer Störstrahlung auf die Datenkabel so gering wie möglich zu halten.

Hinweise:

1) Örtliche Gegebenheiten können grössere Abstände als die hier angegebenen erforderlich machen.
2) Zwischen Datenkabeln und den Fassungen von Leuchtstoff-, Neon-, Glüh- und Entladungslampen (z.B. Quecksilberdampflampen) muss ein Mindestabstand von 130mm eingehalten werden.
3) UTP-Systeme für 10GBase-T erfordern erheblich grössere Abstände als die durch EN50174-2 verlangten, einen Minimumabstand von 300mm muss beibehalten werden zwischen Stromversorgungskabeln und Kupfer Datenkabeln.
4) Die Einhaltung der oben genannten Mindestentfernungen wird empfohlen. Bei geringeren Abständen drohen EMV-Störeinkopplungen, die während der Tests nicht erkannt werden.
5) In Fällen, in denen die Einhaltung dieser Richtwerte mit Schwierigkeiten verbunden ist (z.B. bei modularen Trennwandsystemen), dürfen Datenkabel unter der Voraussetzung, dass folgende Bedingungen eingehalten werden, auch näher an Stromversorgungszuleitungen für Steckdosen verlaufen:
    a. Parallel laufende Kabelführungen von bis zu 5m Länge sind zulässig, wenn ein Abstand von 25mm durch Abstandhalter oder andere geeignete Vorrichtungen sichergestellt werden kann. Falls erforderlich, darf der Abstand auf einer Länge bis zu 150mm auch weniger als 25mm betragen, solange sich die Kabel nicht berühren.
    b. Parallel laufende Kabelführungen von bis zu 9m Länge sind zulässig, wenn ein Abstand von 50mm sichergestellt werden kann. Auf einer Länge bis zu 300mm darf der Abstand auch weniger als 50mm betragen, solange sich die Kabel nicht berühren.
    c. Falls mehrere Kabel auf besonders engem Raum geführt werden müssen, versuchen Sie zumindest, die Kabel so anzuordnen, dass nicht auf der ganzen Länge das gleiche Datenkabel direkt neben den Stromversorgungskabeln verläuft.
6) Elektroschränke und Verteilerschränke für Datenleitungen sollten nach Möglichkeit in verschiedenen Räumen untergebracht werden. In jedem Fall muss der Abstand zwischen Verteilerschränken und Elektroschränken mindestens 1m betragen.

3.2.4.2 Abstände zu Störstrahlungsquellen

Gewöhnliche Quellen elektromagnetischer Felder sind normalerweise kein Problem für geschirmte Kabel. Als Vorsichtsmassnahme sollten die Kabel (ausgenommen LWL-Kabel) jedoch so weit wie möglich, mindestens aber 1 m entfernt von solchen Störstrahlungsquellen installiert werden. Eine Einkopplung von Störungen ist ausserdem möglich, wenn Datenkabel in der Nähe von Hochfrequenzquellen verlegt sind (beispielsweise Antennen, Übertragungsleitungen, Sender und andere abstrahlende Geräte, Radareinrichtungen, manche industrielle Geräte wie Hochfrequenz-Induktionsheizungen, Hochfrequenzschweissgeräte, Isolationsprüfgeräte, leistungsstarke Elektromotoren und Aufzüge). Die Abstände zu Gebäudestrukturen und -ausstattungen müssen den nationalen und örtlichen Vorschriften entsprechen.

3.2.4.3 Auswirkungen auf Abnahmemessungen

Fremdspannungen auf der Datenverkabelung können die Ergebnisse der im Feld durchgeführten Messungen beeinträchtigen und verfälschen und dadurch eine Abnahmemessung unmöglich machen. Stellen Sie sicher, dass solche äusseren Einflüsse ausgeschlossen werden können. Sollte das Messgerät eine Fremdspannungswarnung anzeigen, versuchen Sie, diese durch Ausschalten möglicher Störquellen (USV, elektronische Vorschaltgeräte usw.) zu eliminieren.

Diese Störspannungen können auch den einwandfreien Betrieb des Netzwerkes empfindlich beeinträchtigen.

3.2.4.4 Trennung von Kabeln in Kabelführungssystemen

Die Mindestanforderungen an die Trennung zwischen informationstechnischen- und Stromversorgung Verkabelung können gemäss EN50174-2:2009/A1:2011/AC:2011 wie folgt berechnet werden:

A = S x P

A Abstand zwischen Daten- und Stromversorgungskabel
S Mindestabstand, siehe Tabelle 28
P Faktor für die Stromversorgungsverkabelung, siehe Tabelle 29

3.2.4.4.1 Mindestabstände für STP-, UTP- und unsymmetrische Kabel

Informationstechnisches Kabel					
Geschirmt		**Ungeschirmt**		**Koaxial / twinaxial**	Trennklasse
Kopplungsdämpfung bei 30MHz bis 100MHz		TCL bei 30MHz bis 100MHz		Schirmdämpfung bei 30MHz bis 100MHz	
dB	Kategorie	dB	Kategorie	dB	
>= 80[a]	7, 7_A	>= 70 -10*lg *f*		>= 85[d]	d
>= 55[b]	5, 6, 6_A	>= 60 -10*lg *f*		>= 55	c
>= 40		>= 50 -10**lg f* [c]	5, 6, 6_A	>= 40	b
< 40		< 50 -10*lg *f*		< 40	a

Tabelle 27: Klassifizierung informationstechnischer Kabel gemäss EN 50174-2:2009/A1:2011/AC:2011

a. Kabel, die EN50288-4-1 (EN50173-1, Kategorie 7) erfüllen, entsprechen der Trennklasse „d".

b. Kabel, die EN50288-2-1 (EN50173-1, Kategorie 5) und EN50288-5-1 (EN50173-1, Kategorie 6) erfüllen, entsprechen der Trennklasse „c". Diese Kabel können in ihrer Leistung der Trennklasse „d" entsprechen, sofern die auch die betreffenden Anforderungen an die Kopplungsdämpfung eingehalten werden.

c. Kabel, die EN50288-3-1 (EN50174-1, Kategorie 5) und EN 50288-6-1 (EN50173-1, Kategorie 6) erfüllen, entsprechen der Trennklasse „b". Diese Kabel können in ihrer Leistung den Trennklassen „c" oder „d" entsprechen, sofern die auch die betreffenden Anforderungen an die an die transversale Umwandlungsdämpfung (TCL) eingehalten werden.

d. Kabel, die EN50117-4-1 (EN50173-1, Kategorie BCT-C) erfüllen, entsprechen der Trennklasse „d".

Für informationstechnische Verkabelung oder Stromversorgungsverkabelung verwendete Kabelkanäle				
Trennklasse	Trennung ohne elektromagnetische Barrieren	offener metallischer Kabelkanal [a]	gelochter metallischer Kabelkanal [b, c]	massiver metallischer Kabelkanal [d]
d	10mm	8mm	5mm	0mm
c	50mm	38mm	25mm	0mm
b	100mm	75mm	50mm	0mm
a	300mm	225mm	150mm	0mm

Tabelle 28: Mindestabstände S gemäss EN 50174-2:2009/A1:2011/AC:2011

a. Die Schirmleistung (0MHz bis 100MHz) entspricht einem geschweissten Stahlmaschenkorb mit Maschengrösse 50mm x 100mm (Leitern ausgenommen). Diese Schirmleistung kann auch mit einer Stahl-Kabelwanne (Kabelbündel ohne Deckel) mit einer Wandstärke unter 1,0mm und mehr als 20% gleichmässig gelochter Fläche erzielt werden.

b. Die Schirmleistung (0MHz bis 100MHz) entspricht einer Stahl-Kabelwanne (Kabelbündel ohne Deckel) mit einer Wandstärke von 1,0mm und höchstens 20% gleichmässig gelochter Fläche. Diese Schirmleistung kann auch mit geschirmten Stromleitungen erzielt werden, die nicht die in Anmerkung d festgelegten Leistungsmerkmale erfüllen.

c. Die obere Oberfläche der Installierten Kabel muss mindestens 10 mm unterhalb der Oberkante der Barriere liegen.

d. Die Schirmleistung (0MHz bis 100MHz) entspricht einem Stahl-Installationsrohr mit 1,5mm Wandstärke. Der angegebene Trennabstand gilt zusätzlich zu jeglicher durch Trennstege/Barrieren gebotenen Trennung.

3.2.4.4.2 Faktor für die Stromversorgungsverkabelung für STP-, UTP- und unsymmetrische Kabel

Elektrischer Stromkreis [a, b, c]	Anzahl Stromkreise	Faktor für die Stromversorgungsverkabelung P
20A, 230V, einphasig	1 bis 3	0,2
	4 bis 6	0,4
	7 bis 9	0,6
	10 bis 12	0,8
	13 bis 15	1,0
	16 bis 30	2
	31 bis 45	3
	46 bis 60	4
	61 bis 75	5
	> 75	6

Tabelle 29: Faktor für die Stromversorgungsverkabelung gemäss EN50174-2:2009/A1:2011/AC:2011

a Dreiphasige Kabel müssen als drei einzelne einphasige Kabel behandelt werden.

b Mehr als 20A müssen als Vielfaches von 20A behandelt werden.

c Stromversorgungskabel für geringere Wechsel- oder Gleichspannung müssen auf Grundlage ihres Nennstroms behandelt werden. Ein Gleichspannungskabel für 100A / 50V entspricht also fünf 20-A-Kabeln (P = 0,4).

3.2.4.4.3 Abstandsanforderungen zwischen metallischen informationstechnischen Kabeln und bestimmten EMV-Quellen

Störquellen	Mindestabstand (mm)
Leuchtstofflampen	130 [a]
Neonröhren	130 [a]
Quecksilberdampflampen	130 [a]
Hochdruckentladungslampen	130 [a]
Lichtbogenschweissgeräte	800 [a]
Hochfrequenz-Induktionsheizungen	1000 [a]
Krankenhausgeräte	
Funksendeanlagen	
Fernsehsendeanlagen	[b]
Radareinrichtungen	

Tabelle 30: Abstandsanforderungen zwischen metallischen informationstechnischen Kabeln und bestimmten EMV-Quellen gemäss EN 50174-2

a Die Mindestabstände dürfen unterschritten werden sofern angemessene Kabelmanagementsysteme verwendet werden oder Herstellergarantien vorliegen.

b Wo keine Herstellergarantien vorhanden sind, ist eine Analyse der möglichen Störungen durchzuführen, z.B. Frequenzbereich, Oberwellen, Transienten, Impulse, übertragene Leistung usw.

3.2.4.5 Ausnahmen – NUR FÜR BÜROUMGEBUNGEN

Lockerung der Anforderungen unter bestimmten Bedingungen

1. Die Anforderungen gemäss Tabelle 28 müssen nicht beachtet werden und es ist keine Trennung nötig, wenn entweder:
   a) die informationstechnische Verkabelung anwendungsspezifisch ist und die Anwendungen eine Lockerung der Abstandsanforderungen ermöglichen oder wenn
   b) alle folgenden Bedingungen erfüllt sind:
2. Die Energieleiter:
   1) bilden nur einphasige Stromkreise;
   2) liefern einen Gesamtstrom, der nicht grösser als 32A ist;
   3) eines Stromkreises liegen nahe zusammen (z.B. in einem Gesamtaussenmantel, verdrillt, verklebt oder gebündelt).
3. Die Umweltklassifizierung der informationstechnischen Verkabelung entspricht E1 gemäss EN50173-1.
4. Die informationstechnischen Kabel erfüllen die Anforderungen der Trennklassen „b“, „c“ oder „d“ gemäss Tabelle 27.

3.2.5 POE, POE+–AKTUALISIERUNG UND HINWEISE ZUR VERKABELUNG

Der bisherige Erfolg von PoE und die Nachfrage nach PoEplus zeigen, dass diese Technik auf einen Bedarf im Markt getroffen ist, der weiter steigen und sich ausdehnen wird. Es gibt viele Sachverhalte, die bei der Implementierung dieser Technik zu berücksichtigen sind, einschliesslich Energieversorgung und -sicherung im Rack sowie Bewältigung der zusätzlichen Wärme, die dort durch den Einsatz von PoEplus-fähigen Switches entsteht.

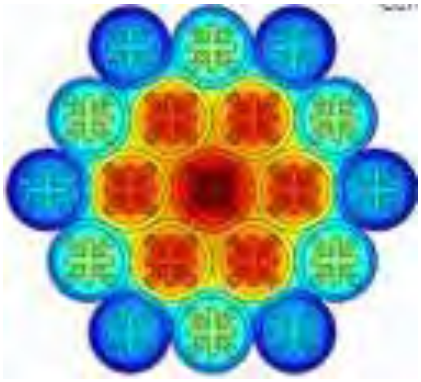


Bild 18: PoE Hitzeverteilung

Auch über das Verkabelungssystem muss sorgfältig nachgedacht werden. Es wurden grosse Anstrengungen unternommen, um die Auswirkungen der erhöhten Wärme in der Verkabelung zu untersuchen. Wie wir gesehen haben, kann die Kombination aus hoher Umgebungswärme und den Auswirkungen von PoEplus zu Längenbegrenzungen für alle Verkabelungstypen führen. Kunden sind deshalb aufgefordert, die Verkabelung entsprechend ihren Anwendung und Anforderungen auszuwählen, nachdem Sie die bereitgestellten Spezifikationen und Richtlinien geprüft haben.

Ebenso grosse Anstrengungen sind erforderlich, um die Auswirkungen bei einer Trennung stromführender Verbindungshardware zu untersuchen. Leider wurde diese Arbeit bis heute nicht von den Standardisierungsgremien geleistet, sodass es keine Spezifikationen oder Testmethoden zur Gewährleistung der Kompatibilität mit dem kommenden PoEplus-Standard gibt.

Das Problem der erhöhten Kabeltemperaturen bei PoEplus muss bei langen Kabellängen bzw. langen Patchkabeln und bei zusätzlichen hohen Umgebungstemperaturen, z.B. in den Tropen, berücksichtigt werden.

Bei einem ungeschirmten Kat. 5e/u-Kabel würde ein zusätzlicher Temperaturanstieg von 10°C durch PoEplus bei einer Umgebungstemperatur von 40°C ein e Verringerung der zulässigen Link-Länge um etwa 7m bedeuten. Bei einem geschirmten Kat. 5e/s-Kabel und einer Umgebungstemperatur von 40°C läge diese Verringerung nur bei etwa 1 m.

Diese Reduzierung der Leitungslänge um 7 m bzw. 1 m kann durch ein Kabel einer höheren Kategorie mit einem grösseren Aderquerschnitt kompensiert werden. Es wird jedoch eine sorgfältige Prüfung des KostenNutzen-Verhältnisses einer solchen Lösung empfohlen.

Ausserdem sollte berücksichtigt werden, dass die Längenbeschränkungen für die Klassen E und F viel schwerwiegender sind als für PoEplus und die einsetzbare Link-Länge begrenzen können.

In jedem Fall müssen bei der Planung einer Installation für PoEplus die Folgen der Wärmeableitung sowohl im Kabel als auch in der Umgebung in besonderem Masse berücksichtigt werden; dies gilt unabhängig vom verwendeten Kabel.

White Paper 4: Power_over_Ethernet_Plus
http://www.rdm.com/de/desktopdefault.aspx/tabid-207/333_read-2378/

3.2.6 DIE WICHTIGKEIT DER SYMMETRIE (TCL)

Die Symmetrie oder TCL (Transverse Conversion Loss) ist ein wichtiger Parameter um die Leistungsfähigkeit der Verkabelung sicherzustellen. Er zeigt wie gut die differentielle Übertragung in der Verkabelung funktioniert.

TCL beeinflusst über komplexe Kopplungsmechanismen andere Parameter, ungenügende TCL Komponentenspezifikationen können Kanal NEXT Reserven reduzieren oder sogar NEXT Fehler erzeugen

Die TCL Normspezifikationen für geschirmte Kabel unterstützen Klasse E und Klasse E_A Kanalanforderungen nicht. Verkabelungskanäle können fehlerhaftes NEXT aufweisen, obschon der PL und die Patchkabel alle Spezifikationen einhalten → Verantwortlichkeitsproblem!

Härtere Patchkabel Spezifikationen und genügende NEXT Reserven im Permanent Link können die NEXT Leistungsfähigkeit des Kanals sicherstellen

Geschirmte Kat 6 und $Kat6_A$ Patchkabel und SP Kabel sollten für Frequenzen über 100 MHz mit TCL Grade 2 spezifiziert werden

Geschirmte Klasse E und Klasse E_A Permanent Links sollte mit so viel NEXT Headroom wie möglich spezifiziert werden, um Reserven für normkonforme Patchkabel mit TCL Grade 1 zu schaffen

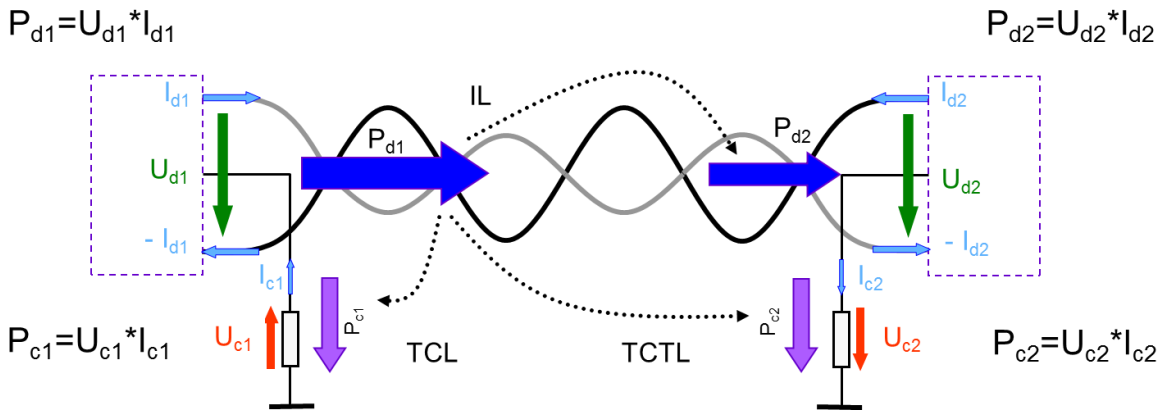


Bild 19: TLC Einfluss

3.2.7 EMV-VERGLEICH ZWISCHEN STP- UND UTP

Es zeigte sich, dass die Einführung von 10GBase-T tatsächlich einen wesentlichen Einfluss auf die Wahl der Verkabelung hat. Die erhöhte Empfindlichkeit der 10GBase-T-Übertragung gegenüber 1000Base-T wurde bei ungeschirmten Verkabelungen in der Immunität gegen Störungen von aussen deutlich sichtbar. Um den Betrieb von 10GBase-T sicherzustellen, kann nicht alleine auf die Verkabelung geachtet werden, sondern es müssen die Umgebungsbedingungen berücksichtigt und die Verkabelungskomponenten entsprechend ausgesucht werden. Die Koppelungsdämpfung kann dabei als qualitativer Vergleichsparameter für das EMV-Verhalten von Verkabelungen dienen.

Zusammenfassend hat diese Untersuchung gezeigt, dass mit einer geschirmten Verkabelung 10GBase-T in allen Umgebungsklassen problemlos verwendet werden kann. Dabei gilt: je besser die Schirmqualität, desto kleiner die Abstrahlung und desto besser die Immunität der Verkabelung gegen Störungen von aussen.

Ungeschirmte Verkabelungen eignen sich dagegen nur ausserhalb des Heimbereichs und zusammen mit zusätzlichen Schutzmassnahmen für den Einsatz mit 10GBase-T. Sie dürfen innerhalb der EU nur ausserhalb des Wohnbereichs in dezidierten Arbeitsbereichen (Büros, Rechenzentren usw.) eingesetzt werden. Zusätzliche Schutzmassnahmen zur Reduzierung der externen Störeinflüsse beinhalten:

- sorgfältige Trennung von Daten- und Stromversorgungskabel oder Störquelle (Mindestabstand zwischen Daten- und Stromkabel 30 cm)
- Verwenden eines metallenen Kabelführungssystems für Datenkabel
- Verhindern des Betriebs drahtloser Kommunikationsgeräte in der Nähe der Verkabelung
- Verhindern von ESD durch aus der Elektronikfertigung bekannte Schutzmassnahmen

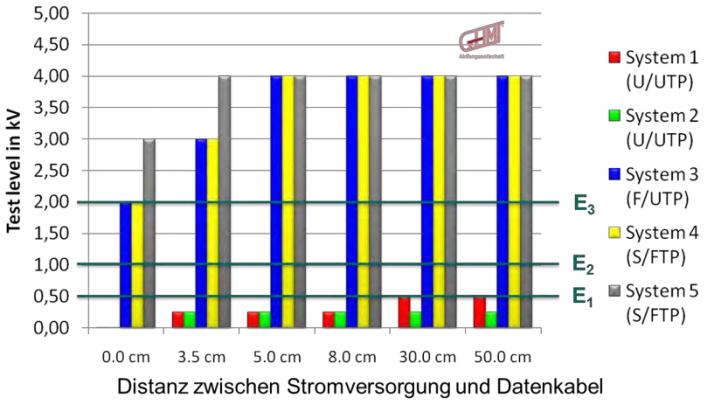


Bild 20: EMV Abstrahlung

Für den Entscheid zwischen geschirmter oder ungeschirmter Verkabelung für 10GBase-T müssen die Einflüsse und Aufwendungen der zusätzlichen Schutzmassnahmen und betrieblichen Einschränkungen mitberücksichtigt werden.

In industriellen Umgebungen (Klassen E2 und E3) sollten geschirmte Verkabelungen eingesetzt werden. Bei erschwerten industriellen Umgebungen (E3) ist eine S-FTP-Schirmkonstruktion mit Geflechtsschirm notwendig, und es sollte möglichst eine doppelseitige Erdung der Verkabelung eingesetzt werden.

Im Wohnbereichen dürfen ungeschirmte Verkabelungen nicht eingesetzt werden.

Im Bürobereich und in Rechenzentren mit ungeschirmter Verkabelung müssen die oben erwähnten zusätzlichen Schutzmassnahmen vorgeschrieben werden.

White Paper 5: EMV-Vergleich zwischen STP- und UTP-Verkabelungen für 10GBase-T
http://www.rdm.com/de/desktopdefault.aspx/tabid-207/333_read-4700/

3.3 LICHTWELLENLEITER-VERKABELUNG

3.3.1 LWL NORMEN

Die Norm beschreibt den Unterschied zwischen Channel und Link Übertragung. Dies hat aber keinen Einfluss auf die Berechnung der Channel-Dämpfung, spielt jedoch eine Rolle für die Bestimmung der Messgrenzwerte und der Testprozedur.

In diesem Kapitel besprechen wir die richtige Berechnung für die Planung von LWL-Strecken. Im Kapitel Messen werden die detaillierten Testkriterien und richtigen Berechnungen für die Bestimmung der Messgrenzwerte erklärt.

3.3.1.1 LWL-spezifische Normen

Optische Channels werden gemäss ISO 11801 und EN50173 in Klassen verschiedener Länge unterteilt: **OF-100m, OF-300m, OF-500m, OF-2000m, OF5000m, OF10000m**. Die entsprechenden Anwendungsmöglichkeiten sind in ISO/IEC11801 Ausg. 2 Amd. 2, Anhang F und in der untenstehenden Tabelle aufgeführt.

Sofern nicht anders angegeben, wird vorausgesetzt, dass in den einzelnen Channels einer Installation nur Fasern mit identischen Spezifikationen verwendet werden.

Die europäische Norm EN 50173 erkennt derzeit „OF“-Klassen an. Es wird jedoch erwartet, dass dieses Klassifizierungssystem in zukünftigen Versionen der Norm entfällt. Um dies vorwegzunehmen, stellen wir die folgenden Tabellen mit den in Zukunft geltenden spezifischen Dämpfungen und Anwendungslängen zur Verfügung.

IEEE Applikationsunterstützung MMF				
	Wellenlänge (nm)	Max Dämpfung (dB)	Max Abstand (m)	Klasse
100Base-FX	850	6.3	2000	OF-2000
1000Base-SX	850	3.56	550	OF-500
1000Base-LX	1300	3.35	550	OF-500
10GBase-SR	850 OM3[OM4]	2.6[2.9]	300[400]	OF-300
10GBase-LX4	1300	2	300	OF-300
40/100GBase-SR	850 OM3[OM4]	1.9[1.5]	100[150]	OF-100
4GFC 400-SN	850 OM3[OM4]	2.88[2.95]	380[400]	OF-300
8GFC 800-SN	850 OM3[OM4]	2.04[2.19]	150[190]	OF-100
16GFC 1600-SN	850 OM3[OM4]	1.86[1.95]	100[125]	OF-100

Tabelle 31: IEEE Applikationsunterstützung MMF

IEEE Applikationsunterstützung SMF				
	Wellenlänge (nm)	Max Dämpfung (dB)	Max Abstand (m)	Klasse
1000Base-LX	1310	4.7	5000	
10GBase-LX4	1310	6.3	10000	
40/100GBase-FR	1550	4	2000	
4GFC 400-LC-M	1310	4.8	4000	
4GFC 400-LC-L	1310	7.8	10000	
8GFC 800-LC-I	1310	2.6[a]	1400	
8GFC 800-LC-L	1310	6.4[a]	10000	
16GFC 1600-LZ-I	1500	2.6[a]	2000	
16GFC 1600-LC-L	1310	6.4[a]	10000	

Tabelle 32: IEEE Applikationsunterstützung SMF

3.3.1.2 LWL Stecker Normen

Im Gegensatz zu ihren elektromechanischen Pendants wird bei Glasfaser-Steckverbindern nicht zwischen Stecker und Buchse unterschieden. Glasfaser-Stecker enthalten eine Ferrule zur Aufnahme und genauen Positionierung des Faserendes und werden über eine Kupplung mit Führungshülse (Sleeve) miteinander verbunden. Eine komplette Steckverbindung besteht aus der Kombination Stecker/Kupplung/Stecker. Die beiden Ferrulen mit den Faserenden müssen im Inneren der Steckverbindung so präzise aufeinandertreffen, dass möglichst wenig Lichtenergie verloren geht oder zurückgestreut (Rückflussdämpfung) wird. Entscheidend hierfür ist die geometrische Ausrichtung und Bearbeitung der Faser im Stecker.

Kerndurchmesser von 8.3 µm für Singlemode- beziehungsweise 50/62,5 µm für Multimode-Fasern und Ferrulen mit 2,5 mm oder 1,25 mm Durchmesser machen eine Sichtprüfung des Stecker Zustandes ohne Hilfsmittel unmöglich. Natürlich kann man vor Ort sofort feststellen, ob ein Stecker korrekt einrastet und verriegelt. Bei allen anderen Eigenschaften – den „inneren Werten“ – wie zum Beispiel Dämpfung, Rückflussdämpfung oder mechanische Belastbarkeit müssen sich Anwender auf die Herstellerangaben verlassen können.

Stecker	Typ	Norm	Info
	ST 2.5mm MMF, SMF PC	IEC 61754-2	Diese Stecker mit Bajonettverschluss waren die ersten PC Stecker (1996). Aufgrund dessen und dank dem sehr robusten Design sind sie nach wie vor weltweit in LAN-Netzen (überwiegend Industrie) zu finden. ST ist die Bezeichnung für „Straight“ (gerader) Typ.
	SC 2.5mm MMF, SMF PC, APC	IEC 61754-4	Für Neuinstallationen wird dieser Steckertyp mit quadratischem Design und Push/Pull-System empfohlen (SC steht für Square Connector oder Subscriber Connector). Durch sein kompaktes Design ermöglicht der SC eine hohe Packungsdichte. Er kann zu Duplex- und Mehrfachverbindungen kombiniert werden. Obwohl unter den ältesten Verbindern, gewinnt der SC durch seine hervorragenden Eigenschaften weiter an Bedeutung. Bis heute ist er aufgrund der guten optischen Eigenschaften der wichtigste WAN-Verbinder weltweit. SC ist auch als Duplexversion weit verbreitet, vor allem im LAN Bereich.
	MPO MMF, SMF PC, APC	IEC 61754-7	Der MPO (Multi Patch Push-on) basiert auf einer Kunststoff-Ferrule, um bis zu 24 Fasern in einem Verbinder unterbringen zu können. Mittlerweile sind bereits Verbinder mit bis zu 72 Fasern in der Entwicklung. Der Verbinder besticht durch sein kompaktes Design und die einfache Handhabung, hat aber Nachteile in der optischen Performance und Zuverlässigkeit.

Connector	Type	Standard	Info
	E2000™, LSH 2.5mm MMF, SMF PC, APC	IEC 61754-15	Bei diesem Stecker handelt es sich um eine Entwicklung von Diamond SA, die sich an LAN- und CATV-Anwendungen orientiert. Er wird von drei lizenzierten Herstellern in der Schweiz gefertigt, was auch zum unerreicht hohen Qualitätsstandard geführt hat. Die integrierte Schutzklappe schützt vor Staub und Kratzern, aber auch vor Laserstrahlen. Der Stecker wird über Raster und Hebel verriegelt, welche farblich und mechanisch codiert werden können. Es ist der erste Verbinder, der Grade A* Performance erreicht hat.
	LC 1.25mm MMF, SMF PC, APC	IEC 61754-20	Der Stecker gehört zu einer neuen Generation von Kompaktsteckern. Er wurde von der Firma Lucent entwickelt (LC steht für Lucent Connector). Sein Aufbau basiert auf einer Ferrule von 1.25mm Durchmesser. Die Duplex-Kupplung entspricht der Grösse einer SC Kupplung (SC-Footprint). Dadurch können sehr hohe Packungsdichten erreicht werden, was den Verbinder z.B. für die Anwendung in Datacentern attraktiv macht. Die optische und mechanische Performance liegt unter dem Niveau eines SC-RJ oder E-2000™.
	SC-RJ 2.5mm MMF, SMF PC, APC	IEC 61754-24	Wie der Name bereits verrät, orientierten sich die Entwickler bei R&M am RJ45-Format. Zwei SC bilden eine Einheit in der Baugrösse eines RJ45. Dies entspricht dem SFF (Small Form Factor). Verwendet wird die 2.5mm Ferrulen-Sleeve-Technologie. Sie ist im Vergleich zur 1.25mm Ferrule robuster und zuverlässiger. So besticht der SC-RJ nicht nur durch das kompakte Design, sondern auch durch die optische und mechanische Performance. Es ist ein Alleskönner – einsetzbar von Grade A* bis M, von Singlemode bis POF, von WAN bis LAN, von Labor bis Outdoor. Für letztere Anwendung bietet sich die IP67-Version des SC-RJ an. R&M hat ein White Paper zum SC-RJ (“SC-RJ – sicher in allen Klassen“) veröffentlicht.

Tabelle 33: LWL Steckertyp

Die im März 2007 verabschiedete Norm IEC 61753 beschreibt anwendungsorientierte Güteklassen (Grades) für Verbindungselemente in Glasfasernetzen (sieheTabelle 34). Die eindeutige Bestimmung nach Grades und die von IEC vorausgesetzte Prüfmethode helfen Planern und Netzwerkverantwortlichen bei der bedarfsgerechten Auswahl von Steckverbindern, Rangierkabeln und Pigtails. Rechenzentren und Telekommunikationsunternehmen können das Fiber Optic-Sortiment anwendungsspezifisch bestimmen und ihre Einkaufsentscheidungen schneller und gezielter treffen. Und sie vermeiden

den Kauf überspezifizierter Produkte, die im Betrieb unter Umständen gar nicht die erwarteten Dämpfungswerte liefern.

Der heutige Anforderungskatalog basiert einerseits auf der IEC 61753. Diese Norm definiert Dämpfungswerte. Andererseits sind die Normen IEC 61755-3-1 und IEC 61755-3-2 mit im Spiel. Sie definieren geometrische Parameter von Glasfaser-Steckverbindern. Das Zusammenwirken dieser drei Standards schafft die Grundlage für die Kompatibilität von Glasfaser-Steckverbindern verschiedener Hersteller und für die Festlegung herstellerneutraler Dämpfungswerte.

ISO 61300-3-34 Verbindung IL Güteklassen(dB)		
Spleiss	0.3	
SMF	IL i.D.	IL >97%
Stecker Grade A	≤0.07	≤0.15
Stecker Grade B	≤0.12	≤0.25
Stecker Grade C	≤0.25	≤0.50
Stecker Grade D	≤0.50	≤1.00
MMF	IL i.D.	IL >95%
Stecker Grade M	≤0.35	≤0.50

Tabelle 34: ISO 61300-3-34 Verbindung IL Güteklassen(dB)

ISO 61300-3-6 Verbindung RL Güteklassen (dB)	
Spleiss	≥60
Stecker Grade 1	≥60 (gesteckt) ≥55dB (ungesteckt)
Stecker Grade 2	≥45
Stecker Grade 3	≥35
Stecker Grade 4	≥26

Tabelle 35: ISO 61300-3-6 Verbindung RL Güteklassen (dB)

Übersicht über die Performance-Kriterien der neuen Leistungsklassen für die Datenübertragung in Glasfaserverbindungen nach IEC 61753. Grade A* ist noch nicht abschliessend definiert. Kriterien für Multimode-Fasern befinden sich noch in der Diskussion.

Theoretisch lassen sich die IL Grades (A* bis D) beliebig mit den RL Grades mischen. Allerdings ist ein Grade A*/4 wenig sinnvoll, weshalb sich folgende gängige Kombinationen etabliert haben:

	Grade 1	Grade 2	Grade 3	Grade 4
Stecker Grade A	✓	✓	×	×
Stecker Grade B	✓	✓	×	×
Stecker Grade C	✓	✓	×	×
Stecker Grade D	×	(✓)	✓	(✓)
Stecker Grade M	×	×	×	✓

Tabelle 36: RI vs IL Güteklassen

Stecker und Mittelstücke (Kupplungen) sind farbcodiert. Die Farbcodierung dient der Unterscheidung von Fasertypen und Schliffformen. MMF PC Stecker und Kupplungen sind im Allgemeinen beige, SMF PC Stecker und Kupplungen haben eine blaue Gehäusefarbe und alle APC Stecker und Kupplungen sind grün.

White Paper 6: Herstellerneutrale Güteklassen für Glasfaser-Steckverbinder
http://www.rdm.com/de/desktopdefault.aspx/tabid-207/333_read-3031/

3.3.1.3 LWL Kabel normen

Es gibt sechs spezifizierte Typen: OM1, OM2, OM3, OM4, OS1, OS2

ISO 11801 Werten	Multimode OM1 – OM4		Singlemode OS1		OS2		
Wellenlänge	850nm	1300nm	1310nm	1550nm	1310nm	1383nm	1550nm
Kabeldämpfung (dB/km)	3.5	1.5	1.0	1.0	0.4	0.4	0.4

Tabelle 37: ISO11801 Kabeldämpfung

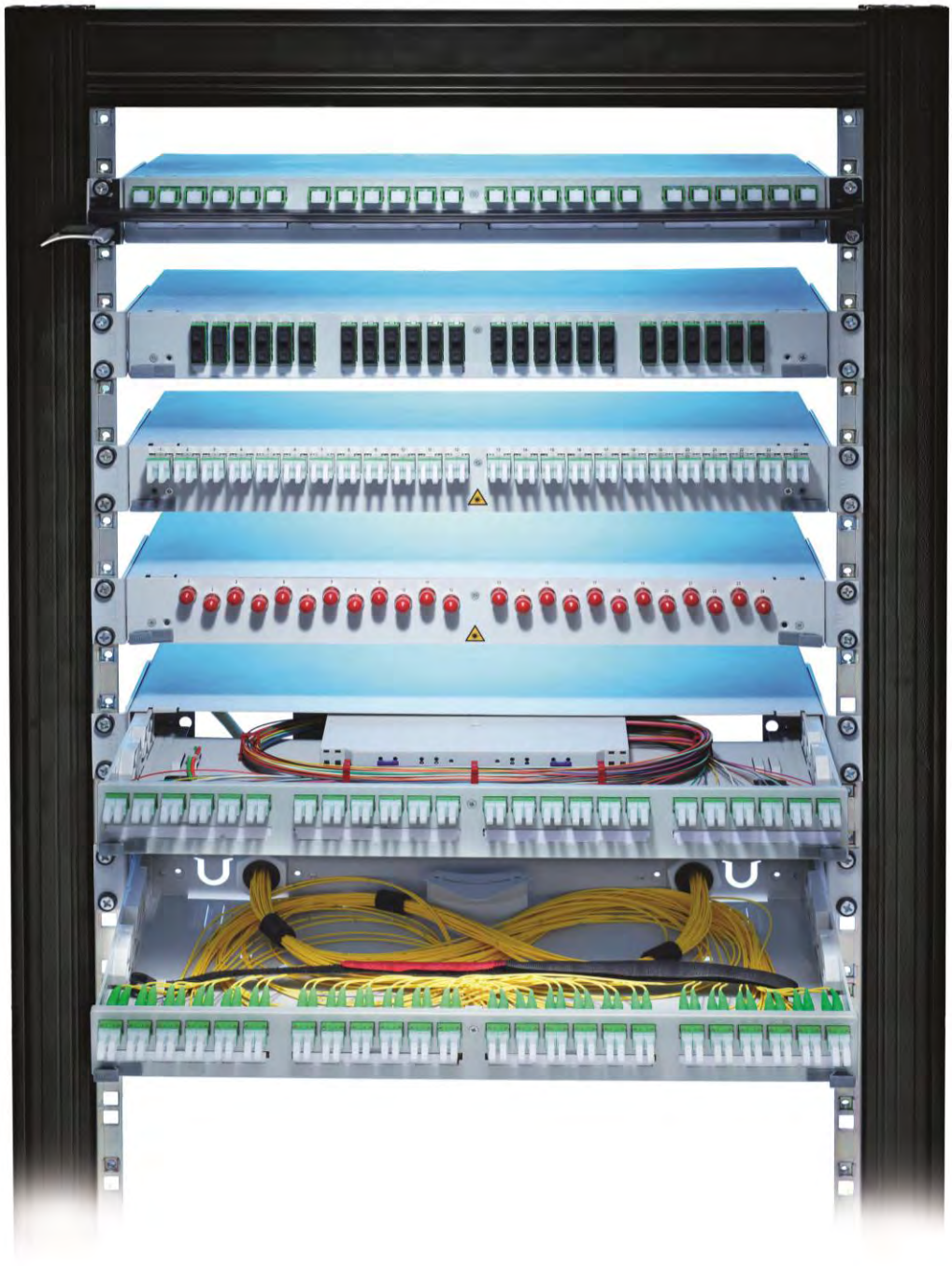
R&M*freenet* Werten	Farbe	Kabeldämpfung dB/km		Overfilled launch bandwidth	Effective modal bandwidth
Wellenlänge MMF		850nm	1300nm	1300nm	850nm
Wellenlänge SMF		1310nm	1550nm		
OM3[a]	Aqua	≤3.0	≤1.0	≥500	≥2000
OM4[a]	Magenta	≤3.0	≤1.0	≥500	≥4700
OS1	Gelb	≤0.39	≤0.25		
OS2 G.652.D	Gelb	≤0.39	≤0.25		
OS2 G657	Gelb	≤0.39	≤0.25		

Tabelle 38: R&Mfreenet Kabeldämpfung

Jeder dieser Fasertypen kann in einem Kabel mit unterschiedlichen Kabelaufbau eingesetzt werden. Der Aufbau wird durch die Bezeichnung nach DIN-VDE 0888 beschrieben. Der erste signifikante Unterschied ist die Verwendung im Innen- oder Außenbereich bzw. bei Universalkabel für beide Bereiche. Darüber hinaus unterscheiden wir zwischen Bündelader- Mini-Breakout- und Breakout-Kabel. Beim Bündeladerkabel werden bis zu 24 Fasern (mit 250µ Primärschutz) in einem zentralen Röhrchen geführt und mit Zugentlastung und Mantel umgeben. Bei größerer Faseranzahl werden mehrere Röhrchen um ein zentrales Zugelement verseilt. Bei Mini-Breakoutkabel werden die Fasern (900µ Buffer) von Zugentlastungselementen und einem Mantel umgeben. Bei gewissen Installationen ist eine direkte Steckermontage möglich. Das Breakout-Kabel besteht aus einzelnen Simplex Kabel die sich unter einem gemeinsamen Mantel befinden. Auf diese Kabel können Stecker zugentlastet montiert werden. In Tabelle 39 wird das R&M*freenet* Installationskabel Portfolio aufgelistet.

Verwendung	**Innenkabel**		**Innen-/Aussenkabel**		**Aussenkabel**				
Kabeltyp	Breakout	Mini-Breakout	Zentral Bün-delader	Verseilte Bün-delader	Zentral Bün-delader	Verseilte Bün-delader	Zentral Bün-delader CST	Verseilte Bün-delader CST	Verseilte Bün-delader ADSS
Kabelbezeichnung nach DIN-VDE 0888	I-V(ZN)HH	I-V(ZN)BH	I/A-DQ(ZN)BH	I/A-DQ(ZN)BH	A-DQ(ZN)B2Y	A-DQ(ZN)B2Y	A-D(ZN)W2Y	A-DF(ZN) 2YW2Y	A-DF(ZN) 2YQ(ZN)2Y
Anzahl Fasern	8-24	4-24	4-24	12-144	4-24	12-144	6-24	12-96	12-96
Assenmantel	FireRes® LSZH	FireBur® LSZH	FireBur® LSZH	FireBur® LSZH	LLDPE	MDPE	MDPE	MDPE	HDPE
Mantelfarbe	Grün	Grün	Grün	Grün	Schwartz	Schwartz	Schwartz	Schwartz	Schwartz
Armierung	Aramid	Glassgarn	Glassgarn	Glassgarn	Glassgarn	Glassgarn	Stahlwellman-tel	Stahlwellman-tel	Aramid
Nagetierschutz	-	+	+	+	++	++	+++	+++	-
Tertiäre Verkabe-lung	✓	✓							
Gebaude BB		✓	✓	✓					
Campus BB					✓	✓			
WAN							✓	✓	✓
Brüstungskanal	✓	✓							
Kanal, Pritschen	✓	✓	✓	✓					
Steigzonen, Hohl-boden		✓	✓	✓					
Lehrrohr	✓	✓	✓		✓				
Kanal, Rohr				✓	✓	✓	✓	✓	
Directe Erdverle-gung							✓	✓	
Einblasen					✓	✓	✓	✓	
Feldkonfektion	✓	✓							
Spleissen		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
VARIOline			✓		✓				

Tabelle 39: LWL Kabeltyp



3.3.1.4 Berechnungsbeispiele für fest installierte LWL verkabelungsstrecken

Büroverkabelung

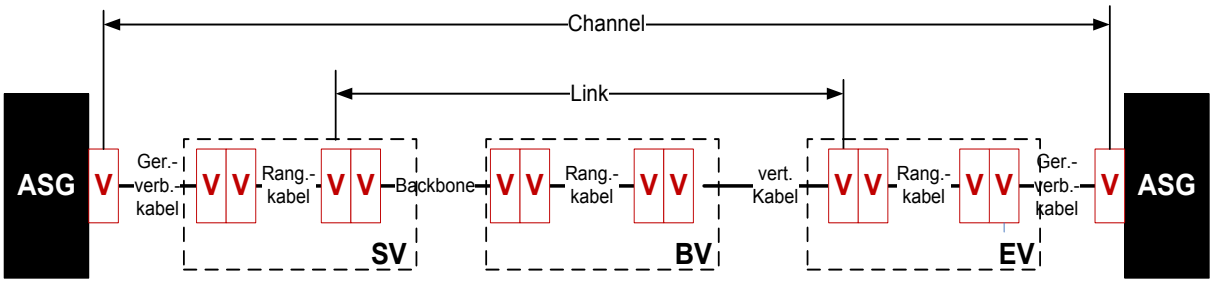


Bild 21: Berechnungsbeispiel Büroverkabelung

Die Abbildung zeigt einen zentralen Standortverteiler (SV), von dem aus die Büroverkabelung über einen Gebäudeverteiler (GV) und Rangierung zu einem Etagenverteiler (EV) geführt ist, bei dem sich der Access Switch befindet. Die Verkabelung erfolgt mit 400m OM3-Kabeln und -Steckern.

Nach Stecker- und Kabelnormwerten muss für jede gesteckte Verbindung ein Verlust von 0.75dB angenommen werden. Im Channel wie im Bild 22 abgebildet sind 6 gesteckte Verbindungen die nach Norm einen Verlust von 4,5dB ergeben. Das Kabel hat eine Dämpfung von 3.5dB/km. Bei 0.4km Länge ergibt das 1.5dB. Somit hat die ganze Strecke eine Dämpfung von 6dB.Die Strecke ist somit nur für 100Base-FX Applikationen geeignet (sehe Tabelle 31). Für die Übertragung von 10G muss die Strecke mit SMF Fasern realisiert werden.

Rechenzentren

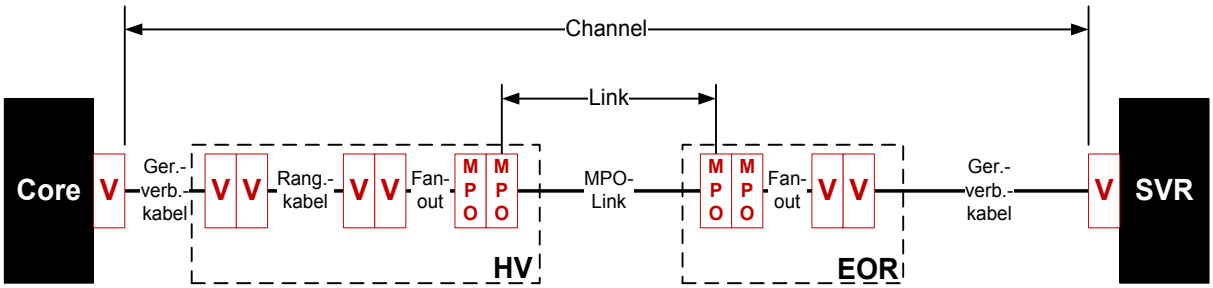


Bild 22: Berechnungsbeispiel Rechenzentrumsverkabelung

Das vorliegende Beispiel zeigt ein Rechenzentrum mit End-of-Row-Konfiguration und MPO-Verbindungstechnik zwischen Hauptverteiler (HV) und Bereichsverteiler (BV).

In dieses Beispiel beinhaltet die Strecke 5 gesteckte Verbindungen. Jede Verbindung verursacht nach Norm 0.75dB pro gesteckter Verbindung und ergibt somit 3.75dB in gesamt. Die Faserdämpfung von0.35dB/km ergibt für oder für 150m Länge 0.475dB. Dass gesamte Verlust der Strecke von über 4dB ist zu viel um 10G und 1G Applikationen zu übertragen.

3.3.2 CHANNEL BESCHRÄNKUNGEN FÜR LWL INSTALLATIONEN

Unten angeführte Schemata sind eine Selektion von möglichen LWL Konfigurationen für horizontale und Backbone Verkabelung. Zwischen horizontaler und vertikaler Verkabelung ist es nicht notwendig aktive Geräte zu installieren. Daraus resultiert ein kombiniertes Verbindungsmodel.
Wenn in der Strecke mehrere gesteckte Verbindungen und Spleissstellen vorkommen, muss aus der Anzahl der Stecker und Spleisse sowie der Kabeldämpfung der Gesamtverlust berechnet werden um zu sehen ob die Strecke die gewünschte Applikation unterstützt.

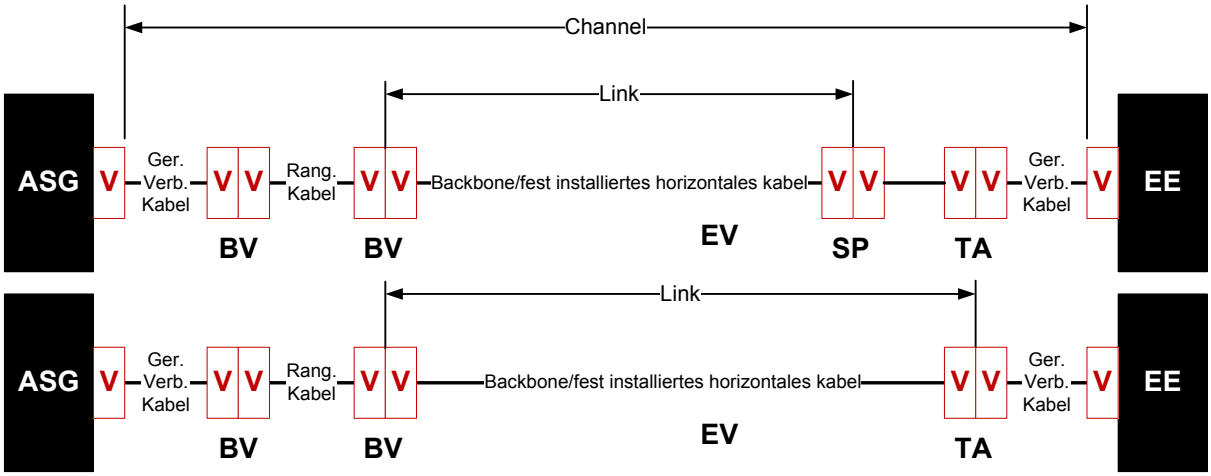


Bild 23: FO 3 Steckern direkte kombination

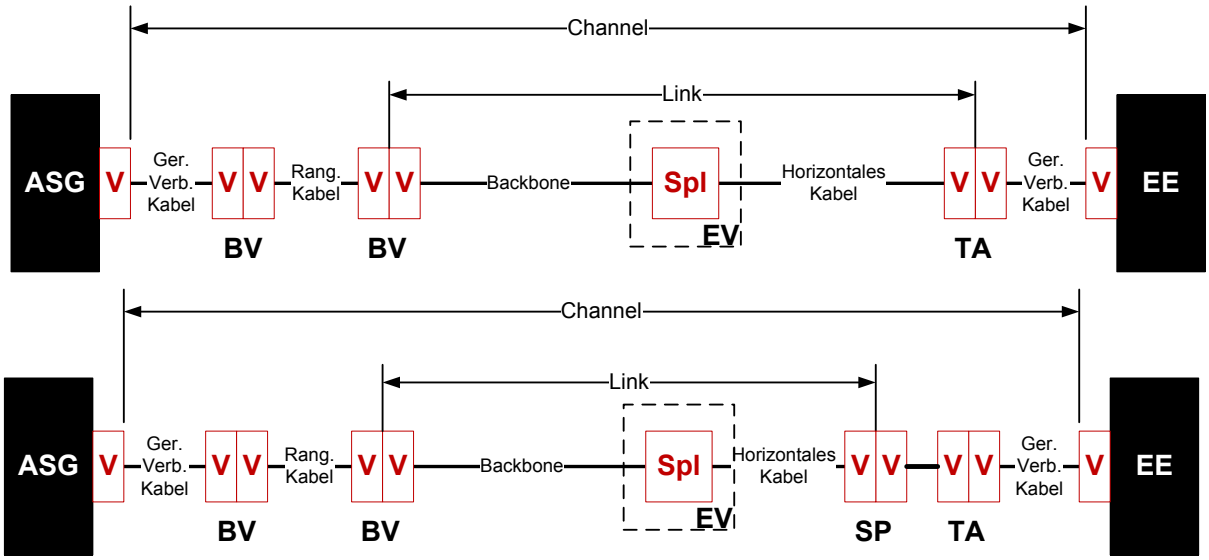


Bild 24: FO 4 Steckern kombiniert mit Spleiss

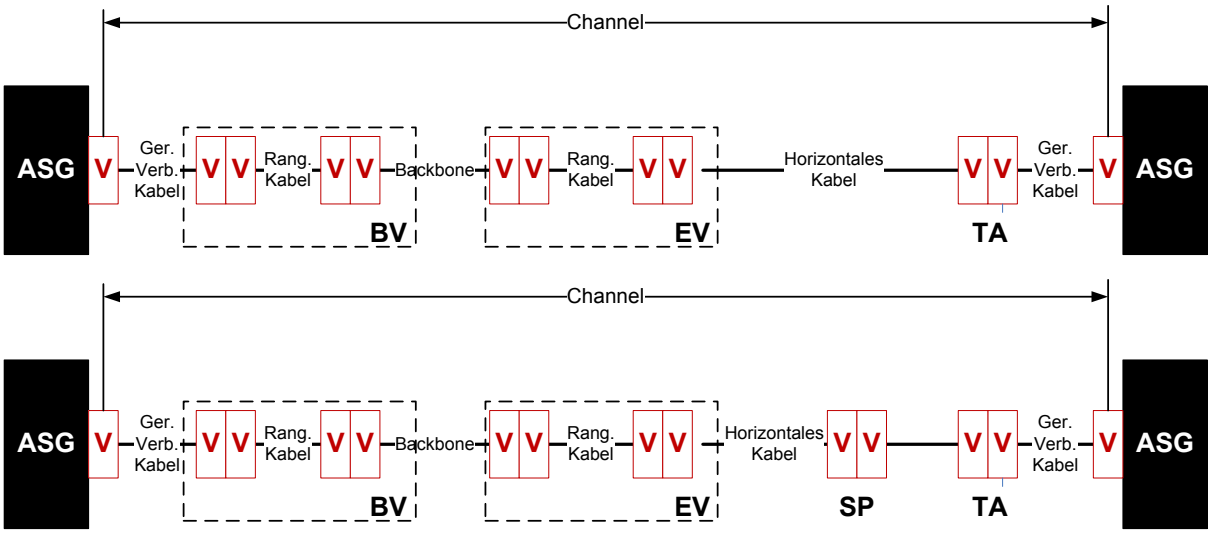


Bild 25: 5 Steckern direkt Kombiniert

3.3.3 AUSSERHALB DER NORM

3.3.3.1 Realer Stecker Verlust

R&M hat bereits 2005 mit der Anwendung der Güteklassen begonnen und die entsprechenden Standards in der Fertigung seither schrittweise umgesetzt. Um den technischen Vorsprung abbilden zu können, geht R&M in einigen Punkten über die Anforderung der IEC 61753 hinaus.

Da für Hochleitungsstecker die vorgegebenen minimalen RL Anforderungen nicht ausreichend sind, hat R&M folgende Werte für seine Produkte festgelegt. Sie sind in jedem Fall mindestens so streng wie von der Norm vorgeschrieben – oder besser.

R&M*freenet* LWL Stecker Dämpfung(dB)					
Spleiss	**IL i.D.**	**IL 97%**	**99.75% 2 Steckern**	**99.99% 4 Steckern**	**98.43% 6 Steckern**
	0.10	0.20	0.40	0.80	0.60
Single Mode	**IL i.D.**	**IL >97%**	**99.75% 2 Steckern**	**99.99% 4 Steckern**	**98.43% 6 Steckern**
Stecker Gütegrad A	≤0.07	≤0.15	≤0.30	≤0.60	≤0.60
Stecker Gütegrad B	≤0.12	≤0.25	≤0.50	≤1.00	≤0.72
Stecker Gütegrad C	≤0.25	≤0.50	≤1.00	≤2.00	≤1.50
Stecker Gütegrad D	≤0.50	≤1.00	≤2.00	≤4.00	≤3.00
Multi-Mode	**IL i.D.**	**IL >95%**	**99.75% 2 Steckern**	**99.99% 4 Steckern**	**98.43% 6 Steckern**
Stecker Gütegrad Am	≤0.10	≤0.15	≤0.30	≤0.60	≤0.60
Stecker Gütegrad Bm	≤0.15	≤0.25	≤0.50	≤1.00	≤0.90
Stecker Gütegrad M	≤0.35	≤0.50	≤1.00	≤2.00	≤2.10
FO Field[a]	**IL i.D.**	**IL >95%**	**97.75% 2 Steckern**	**98.43% 4 Steckern**	**98.43% 6 Steckern**
Stecker Gütegrad M/3	≤0.20	≤0.50	≤1.00	≤2.00	≤1.20
Stecker Gütegrad C/2	≤0.20	≤0.50	≤1.00	≤2.00	≤1.20
Stecker Gütegrad C/1	≤0.20	≤0.50	≤1.00	≤2.00	≤1.20
MPO/MTP®	**IL i.D.**	**IL 100%**	**100% 2 Steckern**	**100% 4 Steckern**	**98.43% 6 Steckern**
Multi-Mode	≤0.10	≤0.35	≤0.70	≤1.40	≤0.60
Single Mode	≤0.25	≤0.40	≤0.80	≤1.60	≤1.50

Tabelle 40: R&Mfreenet LWL Stecker Dämpfung

a Dämpfungswerte der Stecker, inklusiv der mechanische Spleiss. Zufällig gesteckt gegen Gütegrad M, resp. Gütegrad C

White Paper 7: Design eines optischen Netzwerks
http://www.rdm.com/en/desktopdefault.aspx/tabid-207/333_read-4754/

3.3.3.2 Das Dämpfungsbudget

Bei paralleloptischen Verbindungen kommt dem Dämpfungsbudget eine entscheidende Rolle bei der Planung eines Netzwerkes zu. Wird das zulässige Budget überschritten, so bedeutet dies automatisch geringere Übertragungsstrecken bei einer gegebenen Bandbreite oder eben auch eine geringere Bandbreite bei einer vorgegebenen, benötigten Strecke.

Gemäss IEEE 802.3ae ist für OM3-Fasern bei 10 GbE (10GBASE-SR) eine maximale Länge von 300 m definiert. Um diese Länge zu erreichen, ist eine Dämpfung für den Link von höchstens 2.6 dB zulässig, bei 1.5 dB für die Verbindungen. Nachfolgende Grafik zeigt die Verhältnisse für das Gesamtbudget, basierend auf dem IEEE 802.3 Link Model Spreadsheet:

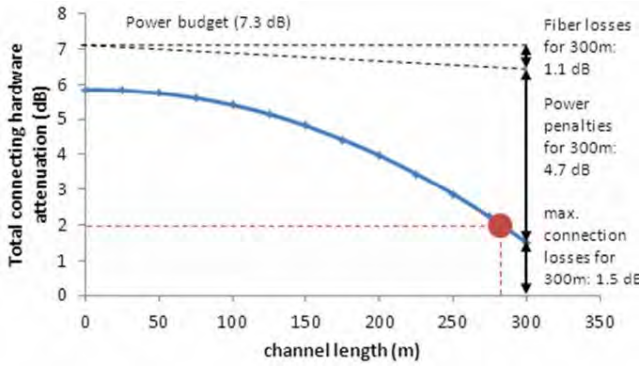


Bild 26: IEEE802.3-10GbE Leistung

Bei 40 GbE und 100 GbE definiert IEEE 802.3ba für Fasern vom Typ OM3 lediglich 100 m, für OM4 150 m. Das Dämpfungsbudget im Vergleich zu 10 GbE zeigt nachfolgende Grafik

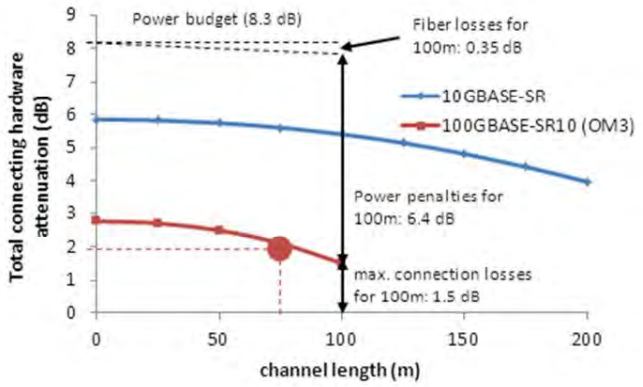


Bild 27: IEEE802.3-40/100GbE Leistung

Die kritische Grösse ist somit eine maximale Einfügedämpfung der Steckverbindungen von 1.5 dB, um die geforderten Bandbreiten und Strecken zu garantieren.

White Paper 8: HD MPO System - Migration zu 40/100G einfach gemacht
http://www.rdm.com/de/desktopdefault.aspx/tabid-207/333_read-5555/

3.3.3.3 Berechnungsbeispiele

Um das Maximum aus Ihrem LWL Netzwerk zu holen hat R&M den GOF Rechner entwickelt. Mit diesem Rechner kann man die gewünschte Applikation (Fibre Channel oder Ethernet) berechnen. Das Formular lässt sich mit dem entsprechenden Fasertyp und der erforderlichen Übertragungslänge ergänzen.

Wir benutzen die gleichen Beispiele aus Kapitel 0 um die optimal einzusetzenden Grades (R&M-Einteilung von MM Steckverbindern in unterschiedliche Qualitätsklassen) für 10Gbase Applikationen zu bestimmen.

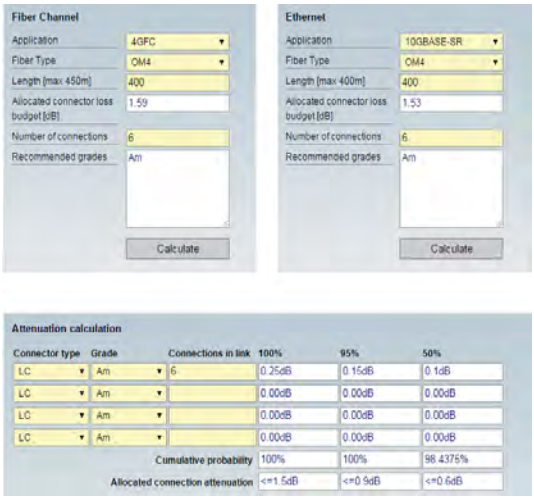


Bild 28: Muster Berechnung UKV Model

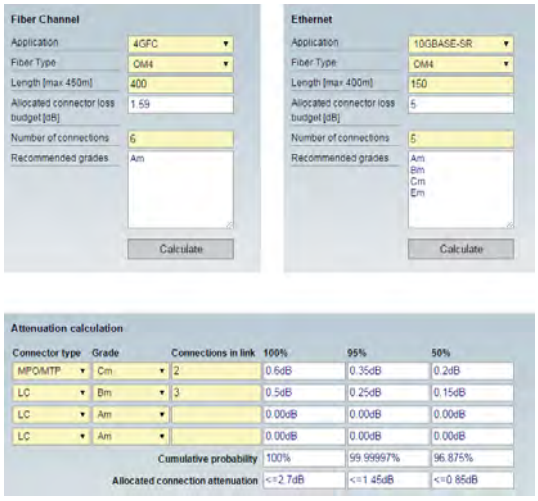

Fiber Channel
Application 4GFC
Fiber Type OM4
Length [max 450m] 400
Allocated connector loss budget [dB] 1.59
Number of connections 6
Recommended grades Am
Calculate
Ethernet
Application 10GBASE-SR
Fiber Type OM4
Length [max 400m] 150
Allocated connector loss budget [dB] 5
Number of connections 5
Recommended grades Am Bm Cm Em
Calculate
Attenuation calculation
Connector type Grade Connections in link 100% 95% 50%
MPO/MTP Cm 2 0.6dB 0.35dB 0.2dB
LC Bm 3 0.5dB 0.25dB 0.15dB
LC Am 0.00dB 0.00dB 0.00dB
LC Am 0.00dB 0.00dB 0.00dB
Cumulative probability 100% 99.99997% 96.875%
Allocated connection attenuation <=2.7dB <=1.45dB <=0.85dB

Bild 29: Muster Berechnung RZ Model

Als erstes Beispiel nehmen wir Bild 28. Im rechten oberen Feld kann man die Anwendung, Fasertyp, Streckenlänge eingeben. Der GOF Rechner berechnet das verfügbare Dämpfungsbudget. Unter Verwendung der Parameter im ersten Beispiel von Kapitel 3.3.1.4. kann man die Anzahl der Stecker im Link eingeben und bekommt eine Liste mit den Stecker Qualitätsstufen die für diese Anwendung verwendet werden können. In diesem Fall müssen Stecker der Klasse Am verwendet werden. Im unteren Feld können wir bestimmen ob wir vorkonfektionierte, einseitig konfektionierte LWL Kabel oder Pigtails verwenden kann. In unserem Fall haben wir 100% Wahrscheinlichkeit für eine totale Steckerdämpfung von <0,9dB. Das erlaubt eine Spleissdämpfung von 0,6dB. In der Tabelle der Dämpfungsberechnung sehen wir weniger als 100% Chance um 6 Spleisse unter 0,6dB zu bringen. Daher müssen wir für diesen Fall entweder einseitig oder beidseitig vorkonfektionierte Kabel verwenden.

Im zweiten Beispiel wird eine Kombination aus LC und MPO Stecker verwendet. Auch dieses Mal werden Anwendung, Streckenlänge und Fasertyp eingegeben. In diesem Fall haben wir ein Dämpfungsbudget für die Stecker von 5,0dB. Nach Eingabe der Steckeranzahl erhalten wir eine Liste mit dem möglichen Qualitätsstufen. Um mehr Informationen zu bekommen geben wir ins untere Feld die Anzahl der MPO/MTP Stecker ein und variieren die Qualität der LC Stecker um sicherzugehen dass die Steckerdämpfung unter 5dB bleibt. In unserem Fall ist die Verwendung von Stecker der Klasse Bm ausreichend.

3.3.4 ENTWURF EINES PASSIVEN OPTISCH LAN NETZWERKES (POLAN)

3.3.4.1 Einleitung

Die Installation einer passiven optischen Verkabelung in einer Büro-Verkabelung kann gewisse Vorteile bieten und wird von aktuellen Standards und von R&M*freenet* Produkten unterstützt. POLAN Netzwerken können vorkommen wo es notwendig ist Platz zu sparen, Kosten für aktive Komponenten zu reduzieren und/oder energieeffizient zu sein. Diese Methode kombiniert die GPON-Technologie, die bei FTTx benutzt wird mit der LAN-Architektur von Büroverkabelung.

Die einzigen aktiven Geräte sind das Optical Network Line Terminal (OLT) im Gebäude/Hauptvereiler und das Optical Network Termination (ONT) am Arbeitsplatz. Die Verbindung zwischen der Geräten besteht nur aus passiven Single Mode Faser Komponenten, das Optical Distribution Network (ODN) genannt wird. Mit dieser Netzwerkarchitektur kann eine hohe Sicherheit und Redundanz erreicht werden. Zusätzlich gewährleisten nichtmetallische LWL Kabel höhere Sicherheit und haben keine EMV Anforderungen- Die Verlegung von Glasfaserkabel ist etwas einfacher und schneller. Betreffend Biegeradius und Durchmesser ist diese Lösung Applikationsabhängig.

Um ISO, EN und TIA Normen zu bestehen müssen 2 Anschlüssen pro Arbeitsplatz vorgesehen sein. Alle andere Anforderungen sind durch der UKV Normen abgedeckt. Unterstehendes Bild zeigt ein POLAN Infrastruktur das der ISO 11801 Anforderungen entspricht.

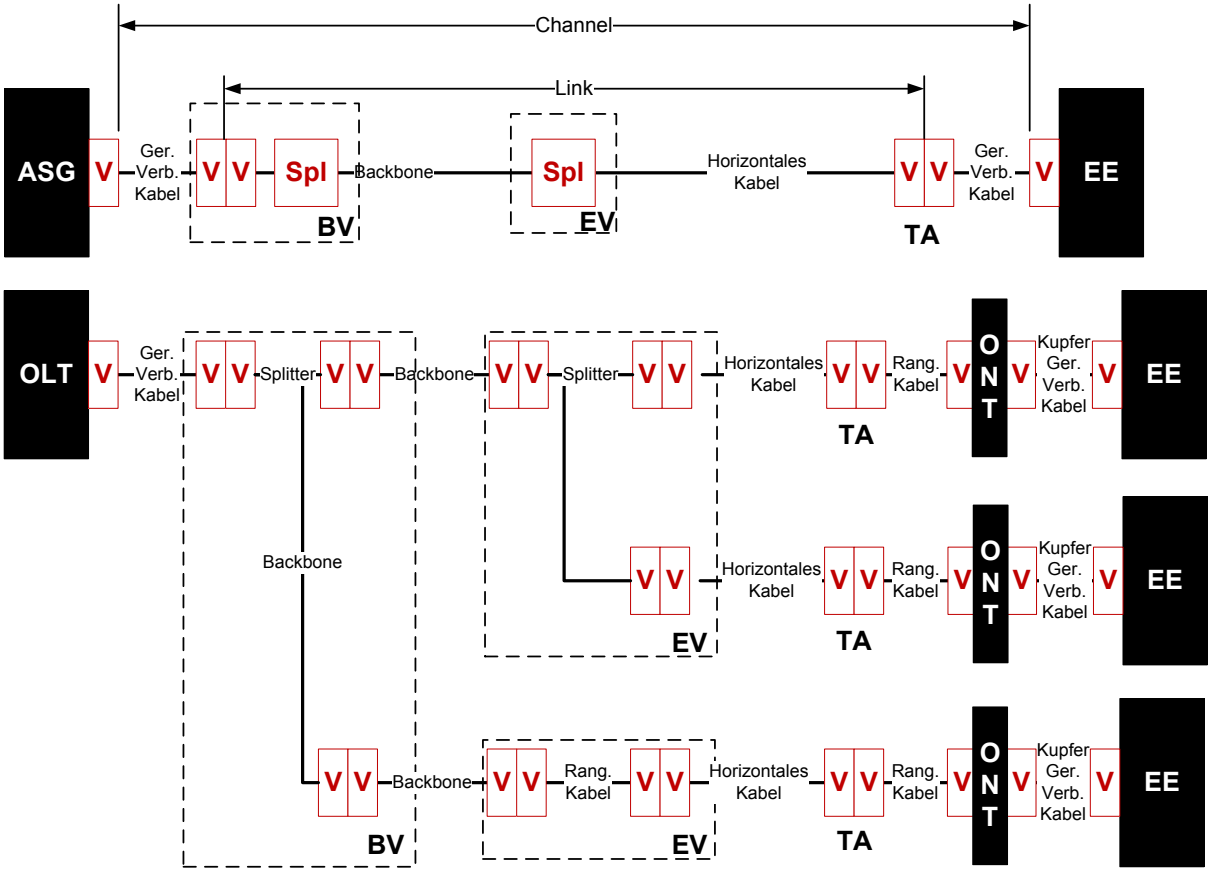


Bild 30: POLAN Konfigurationsmuster

Der optische Leistungsanforderung für diese Verbindungen ist etwas anders da ein anderes Übertragungsprotokoll (EPON 1G & 10G) benutzt wird Tabelle 41 gibt eine Übersicht der Leistungsbudgets.

IEEE 802.3	Upstream (1310nm) Channel Verlust (dB)	Upstream Line Rate (Gbit/s)	Downstream (1550nm) Channel Verlust (dB)	Downstream Line Rate (Gbit/s)
1000BASE PRX10	≤20.00	10.3125	≤29.50	1.25
10GBASE PR10		10.3125		10.3125
1000BASE PRX20	≤24.00	10.3125	≤23.50	1.25
10GBASE PR20		10.3125		10.3125
1000BASE PRX20	≤29.00	10.3125	≤28.50	1.25
10GBASE PR20		10.3125		10.3125
1000BASE PRX40	≤33.00	10.3125	≤32.50	1.25
10GBASE PR40		10.3125		10.3125

Tabelle 41: IEEE802.3 GPON leistung

Ausser den Kabel- und Steckerverlusten wie in im Kapitel 3.3.1 beschrieben, haben die eingesetzten Splitter auch Verluste die vom Teilerverhältnis der Splitter abhängig sind. Tabelle 42 listet die Dämpfungen in Abhängigkeit der Teilerverhältnisse auf.

R&M Leistung spezifikationen	1x4	1x8	1x16	1x32	1x64
Dämpfung@1310nm/(1490)1550nm (dB)	≤7.00	≤10.40	≤13.50	≤17.00	≤20.50
Konstanz	≤0.80	≤1.00	≤1.30	≤1.50	≤1.80

Tabelle 42: R&M Splitter leistung

3.3.4.2 Berechnungsbeispiel

Dieses Beispiel ist ein POLAN Aufbau mit 4 Stockwerkverteilern von denen jeder 28 Arbeitsplätze bedient. Bild 31 ist eine schematische Übersicht von diesem Aufbau, danach wird berechnet welche Leistung benötigt wird.

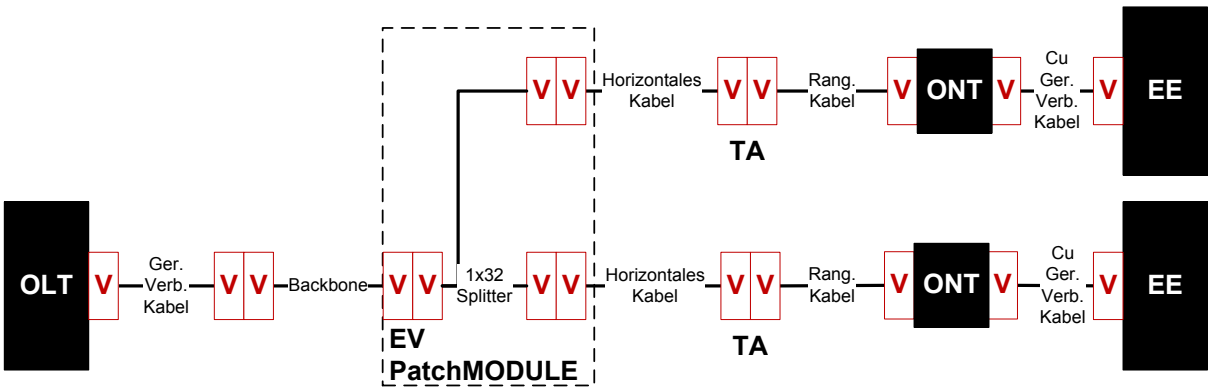
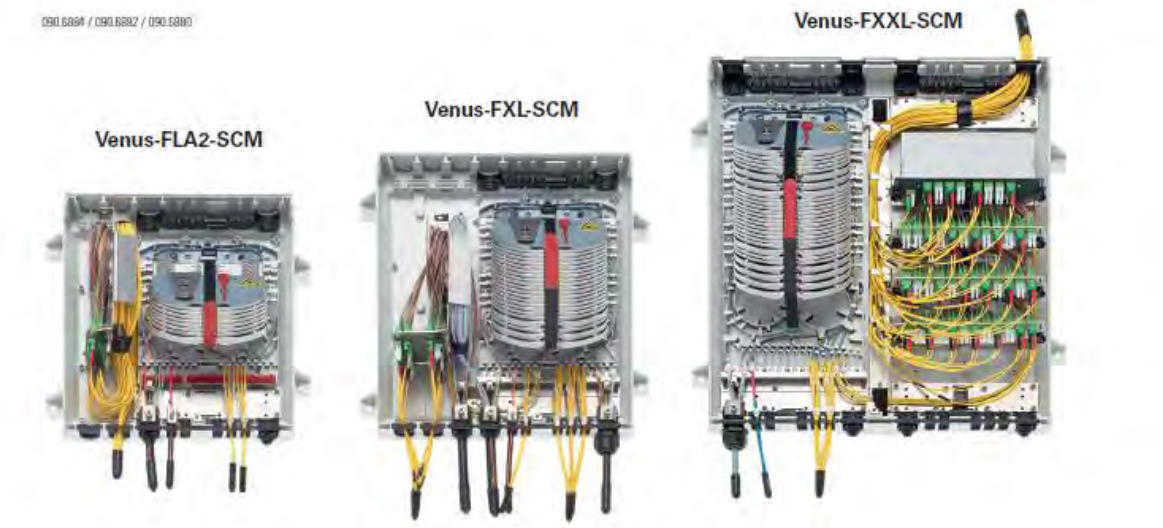


Bild 31: POLAN Rechenbeispiel

Das 1*32 Splitter PatchMODUL besteht aus einem Splitter daran In- und Ausgang einen Grade B Stecker hat. Dazu haben wir 1 Steckverbindung im HV und im OTO (Optical Terminal Outlet). In der gesamten Strecke sind 4 Steckverbindungen. Mit der GOF Rechner ergibt sich ein Verlust von 1dB für diese Steckverbindungen. Der Splitter hat 17dB Verlust. Damit ergibt sich für dieses Beispiel ein Gesamtverlust von 18dB.

Das benutzte Protokoll im OLT ist 1000Base-PX10 und hat ein Leistung von 20dB @ 1310nm und 19.5dB @ 1550nm. Daraus ergibt sich eine Reserve von jeweils 2dB und 1.5dB. Bei der Verwendung von OS2 Fasern ist der grösste Verlust bei 1310nm 0.39dB/km. Die maximale Länge zwischen OLT und ONT kann dadurch nur 5km sein.


090.6884 / 090.6882 / 090.6880
Venus-FLA2-SCM
Venus-FXL-SCM
Venus-FXXL-SCM

090.6887 / 090.6885 / 090.6886
Venus-FML
Venus-FLA
Venus-HLA

3.3.5 BEIBEHALTUNG DER POLARITÄT

3.3.5.1 Normales Rangierpanel Verbindungen

3.3.5.1.1 LWL-Duplex-Schnittstellen

LC Duplex

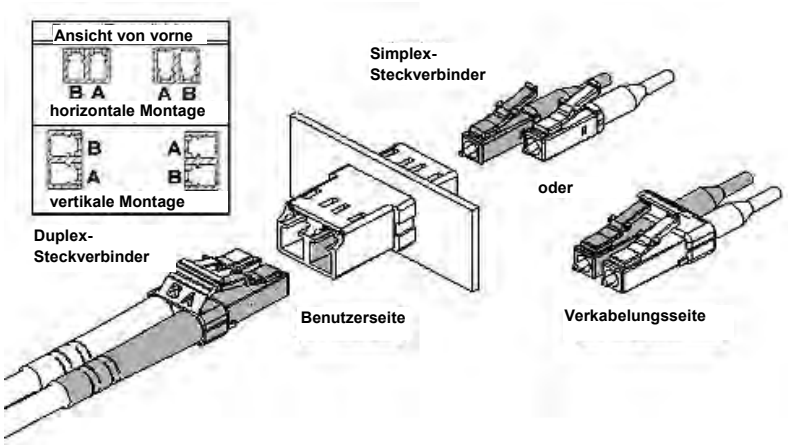


Bild 32: Polarisierung bei LC-Duplex-Steckern

3.3.5.1.2 SC Duplex

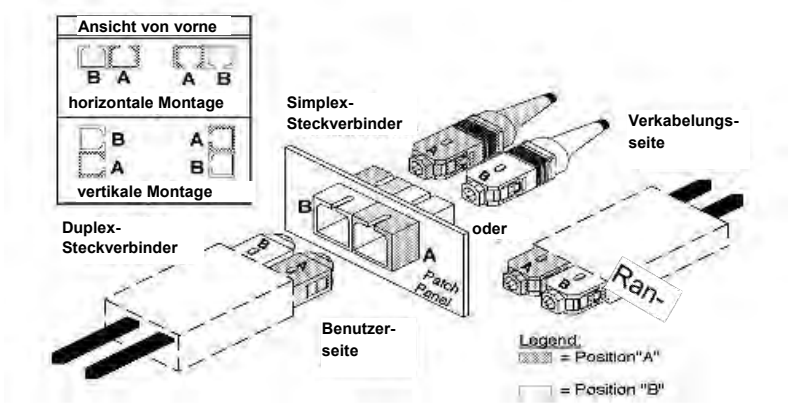


Bild 33: Polarisierung bei SC-Duplex-Steckern

3.3.5.1.3 Optisches Rangierkabel

Bild 34: Polarisierung bei optischen Rangierkabeln

3.3.5.1.4 LWL Installationskabel Farbcode

Faser Nr	Farbekode IEC 60794-2	Farbekode TIA 598-B	Farbekode DIN VDE 0888
1	Blau	Blau	Rot
2	Gelb	Orange	Grün
3	Rot	Grün	Blau
4	Weiss	Braun	Gelb
5	Grün	Schiefergrau	Weiss
6	Violett	Weiss	Schiefergrau
7	Orange	Rot	Braun
8	Schiefergrau	Schwarz	Violett
9	Aqua	Gelb	Aqua
10	Schwarz	Violett	Schwarz
11	Braun	Rosa	Orange
12	Rosa	Aqua	Rosa

Tabelle 43: LWL Kabel Farbcode

3.3.5.1.5 Duplex Backbone Polarität

Der Polarität eines Glasfasernetzwerkes kann mit zwei verschiedenen Methoden realisiert werden von denen jede seine Vor- und Nachteile hat.

Die zu installierende Polaritätsmethode muss im Voraus im Gespräch mit dem Endkunden bestimmt werden, da er das Netzwerk nachher betreuen wird.

Gekreuzter BackBone

Das Ziel einer Glasfaser Duplex Verbindung ist es, immer den Sender (Tx) mit dem Empfänger (Rx) zu verbinden. Dabei wird immer eine ungerade Anzahl von Auskreuzungen ausgeführt. Rangierkabeln werden im Normalfall immer ausgekreuzt geliefert, Siehe Bild 35. Um mit 2 Rangierkabeln eine ungerade Anzahl Auskreuzungen zu haben müssen die Fasern paarweise im Backbone Kabel ausgekreuzt werden. Im diesem Fall ist der Installateur für die richtige Polarität im Netzwerk zuständig.

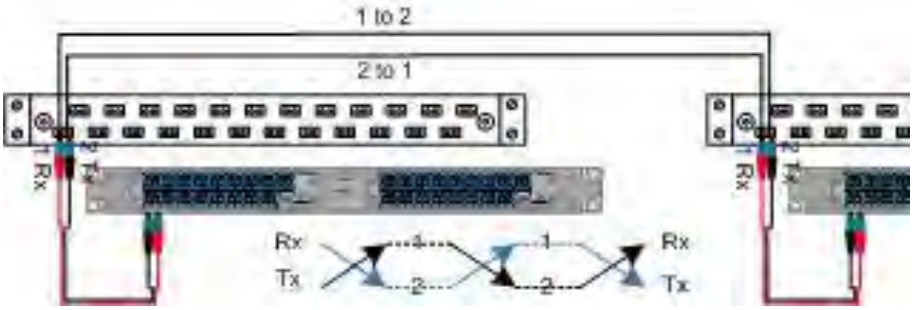


Bild 35: LWL gekreuzt Backbone

Vorteile:

- Verwendung von Standard Rangierkabel
- Identische Polarität wenn mit Methode B & SMPO/MTP® Trunks gemischt wird.

Nachteile:

- Koordination notwendig wo die Fasern der Installationskabel gekreuzt werden.
- Schwierige Polaritätsbedingungen bei geraden Verbindungen, z.B. SP
- Diese Methode hat Einfluss wie vorkonfektionierte Kabel und vorbestückte Rangierfelder bestellt werden.

Ungekreuztes BackBone

Bei dieser Methode werden die Fasern im Installationskabel paarweise nicht ausgekreuzt und wir an beiden Seiten die gleiche Farbcodierung benutzt. Um eine ungerade Anzahl von Auskreuzungen zu haben, muss eines der beiden Rangierkabel ausgekreuzt werden. Die Verantwortung für die richtige Polarität liegt beim Endkunden.

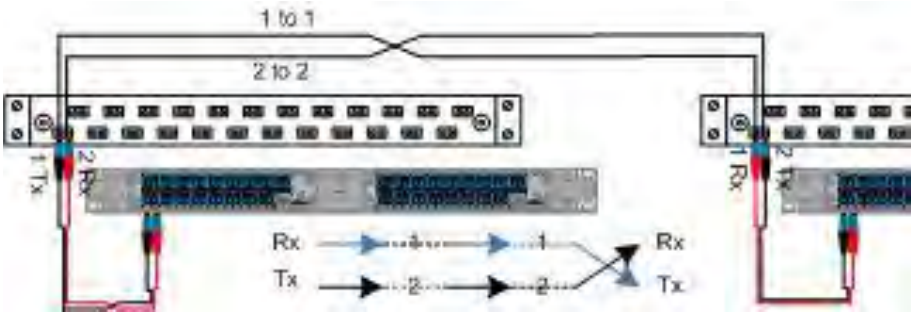


Bild 36: LWL gerade Backbone

Vorteil:

- Die Installation kann an beiden Seiten mit dem gleichen Farbecode gemacht werden
- Identische Polarität wenn mit Methode A MPO/MTP® Trunks gemischt wird.

Nachteile:

- Saubere Prozesse müssen durch den Endkunden festgelegt werden. Er ändert die Polarität der Rangierkabel.
- Schwierig die Polarität bei mehrere Verbindungen zu behalten- z.B. SP oder 2 BB

3.3.5.2 MPO Polarität

Während Codierungen an den Steckern und Kupplungen die durchgängig richtige Orientierung der Steckverbindung sicherstellen, sollen die nach TIA-568-C definierten Polaritätsmethoden A, B und C die richtige bi-direktionale Zuordnung garantieren. Dieses Kapitel erläutert kurz diese Methoden.

White Paper 9: HD MPO System - Migration zu 40/100G einfach gemacht
http://www.rdm.com/de/desktopdefault.aspx/tabid-207/333_read-5555/

3.3.5.2.1 Methode A

Methode A verwendet gerade durchverbundene Typ A Trunks (Pin1 auf Pin1) und MPO-Adapter vom Typ A (key-up to key-down). An einem Ende des Links wird ein ungekreuztes Patch-Kabel (A-auf-B) eingesetzt, am anderen Ende ein gekreuztes Patch-Kabel (A-auf-A). Das paarweise Drehen der Polarität geschieht also auf der Patch-Seite. Beachten Sie, dass pro Link nur ein A-to-A Patch-Kabel verwendet werden darf. Mit diese Methode liegt die Verantwortung für die richtige Polarität beim Netzwerkbenutzer. Bei dieser Methode ist der Endkunde für das richtige Polaritätsverfahren verantwortlich. MPO-Komponenten von R&M sind für Methode A seit 2007 verfügbar. Sie kann recht einfach implementiert werden, weil z.B. nur ein Kassettentyp benötigt wird, und ist wohl am weitesten verbreitet.

Duplex

Bild 37: MPO Polarität Methode A Duplex

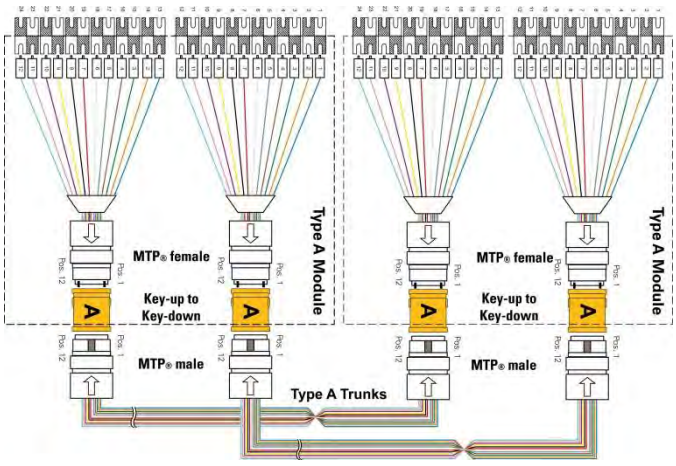


Bild 38: MPO Polarität Methode A Fan out

Parallel

Bild 39: MPO Polarität Methode A 40/100G

3.3.5.2.2 Methode B

Methode B verwendet gekreuzte Typ B Trunks (Pin1 auf Pin12) und MPO-Adapter vom Typ B (key-up auf key-up). Allerdings werden die Typ B-Adapter auf beiden Seiten unterschiedlich eingesetzt (key-up auf key-up, key-down auf key-down), was einen höheren Planungsaufwand erfordert. An beiden Enden des Links wird ein ungekreuztes Patch-Kabel (A-auf-B) eingesetzt. Mit dieser Methode fallt der Polarität Verantwortung beim Installateur.

Aufgrund des höheren Planungsaufwands hat die Methode B keine grössere Verbreitung gefunden. Auch R&M unterstützt diese Methode nicht bzw. nur auf Anfrage.

Duplex

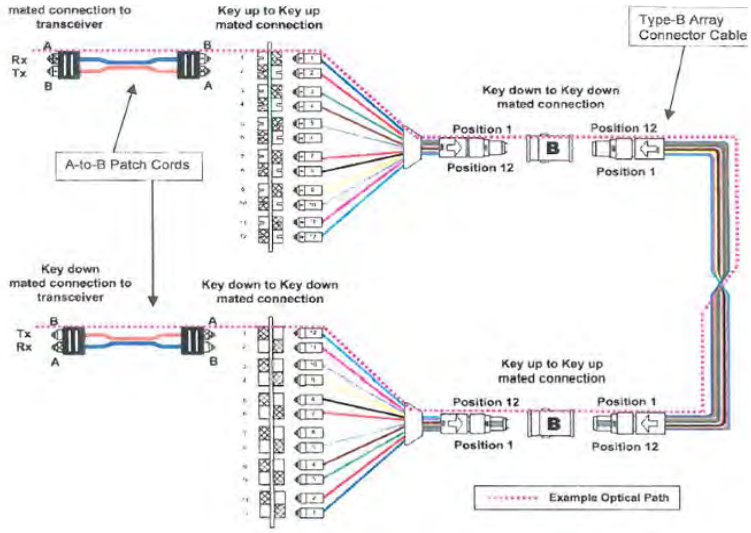


Bild 40: MPO Polarität Methode B Fan out

Parallel

Bild 41: MPO Polarität Methode B 40/100G

3.3.5.2.3 Methode C

Methode C verwendet paarweise gekreuzte Typ C Trunks und MPO-Adapter vom Typ A (key-up auf key-down). An beiden Enden des Links wird ein ungekreuztes Patch-Kabel (A-auf-B) eingesetzt. Das paarweise Drehen der Polarität geschieht also im Trunkkabel, was bei verketteten Trunkkabeln einen erhöhten Planungsaufwand erfordert. Bei gerader Anzahl an verketteten Trunks wird ein A-to-A-Patch-Kabel benötigt.

Aufgrund des erhöhten Planungsaufwandes ist Methode C nicht allzu verbreitet. Methode C wird von R&M nicht bzw. nur auf Anfrage angeboten.

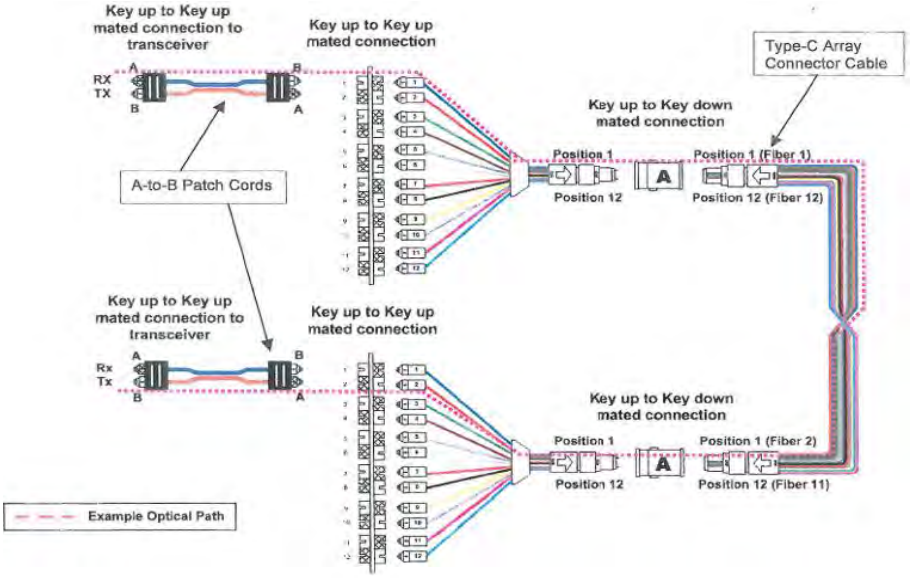


Bild 42: MPO Polarität Methode C Fan out

3.3.5.2.4 Methode S

Methode S (eine von R&M definierte Bezeichnung) ist seit 2013 verfügbar. Sie benötigt nur eine Sorte von Patch-Kabeln (A-auf-B). Die Überkreuzung der Fasern bei Duplex-Signalübertragung (10GBASE-SR) findet in der vorkonfektionierten Kassette statt. Das Connectivity-Schema der Trunk- und Patch-Kabel bzw. die Lichtführung bleibt immer gleich, auch für die parallele Übertragung zum Aufbau von 40/100 GbE Anlagen.

Die zwölf LC-Ports werden nach Tx und Rx aufgeteilt, sodass sämtliche Tx-Fasern auf einen 12-fasrigen MPO, und sämtliche Rx-Fasern auf den anderen 12-fasrigen MPO geleitet werden. Diese beiden MPOs können z.B. in einem X-Kabel gebündelt werden. Deswegen muss bei der Methode S immer mit 24 Fasern pro Kassette gearbeitet werden.

Umstellung auf Paralleloptische Verbindungen MPO für 40G und 100G ist mit jedem Trunkkabel Typ möglich, wie er auch für die Duplex-Lösung benutzt wird. Somit kann der direkte Upgrade völlig unkompliziert und kostengünstig realisiert werden, dazu müssen lediglich die Kassetten gegen Adapterplatten ausgetauscht werden.

Duplex Lösung Trunk B

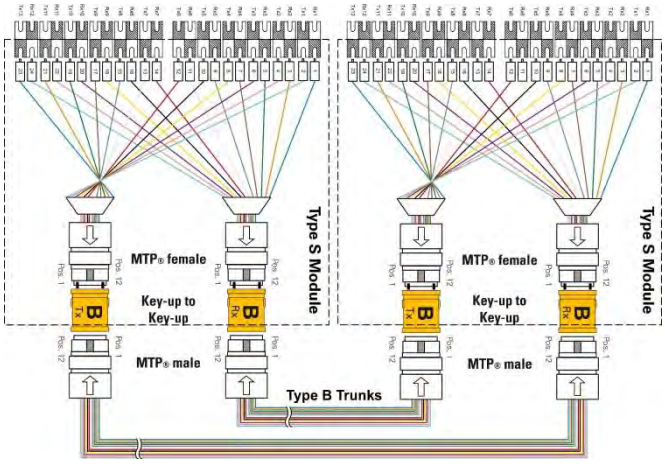


Bild 43: MPO Polarität Methode R&M Fan out Trunk B

Parallel Lösung Trunk B

Bild 44: MPO Polarität Methode R&M 40/100G Trunk B

Duplex Lösung Trunk A

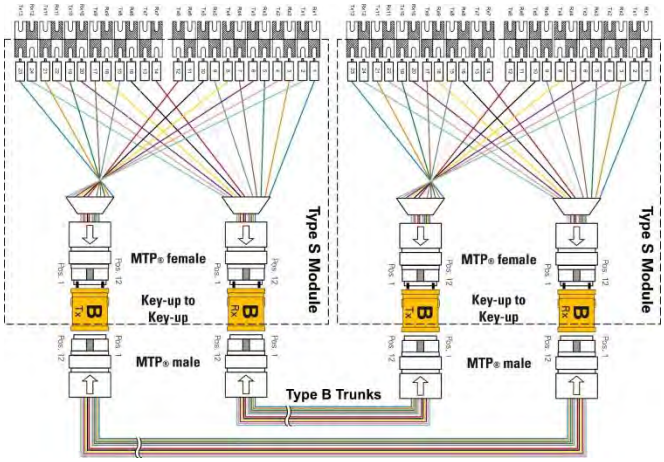
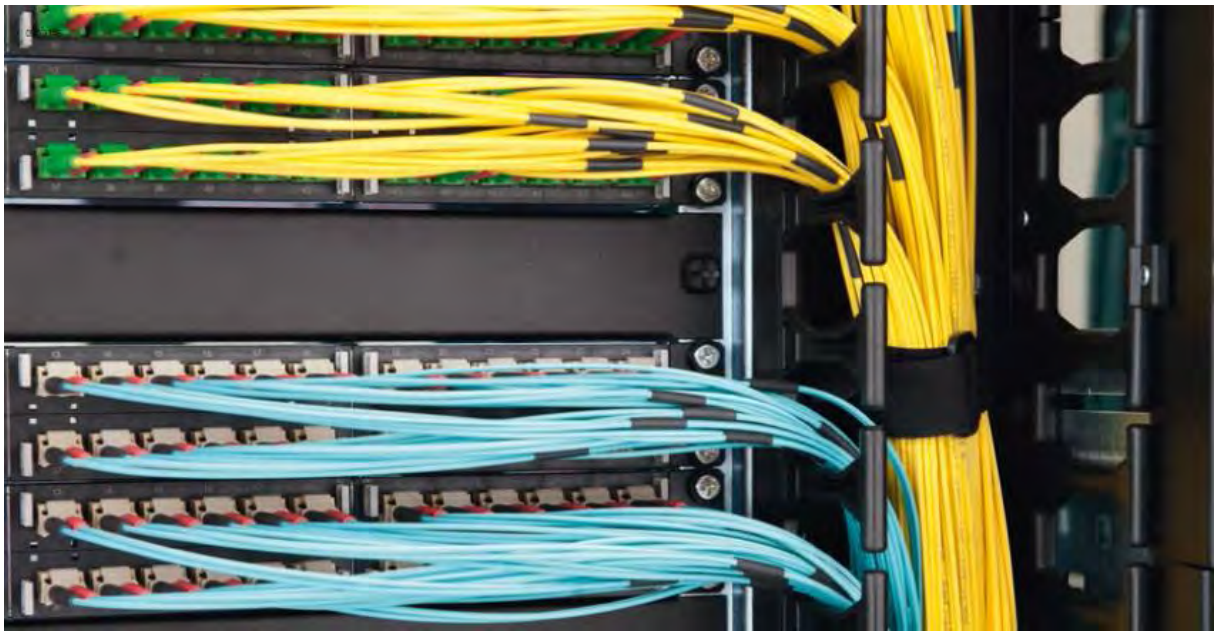


Bild 45: MPO Polarität Methode R&M Fan out Trunk A

Parallel Lösung Trunk A

Bild 46: MPO Polarität Methode R&M 40/100G Trunk A



4 INSTALLATION

4.1 ALLGEMEINES

4.1.1 SICHERHEIT

Der Installateur muss alle nötigen Schutzmassnahmen ergreifen, um sicherzustellen, dass Mitarbeiter und Anlagen sowie er selbst und Dritte geschützt sind. Hierzu gehört das Tragen von Schutzkleidung und Schutzbrille ebenso wie das Beachten von Warnzeichen und Absperrungen. Alle im jeweiligen Land geltenden Gesetze und Bestimmungen, die die Sicherheit betreffen, sind stets einzuhalten.

Neben den rechtlichen Aspekten ist ausserdem jeder selbst für den Schutz seiner Gesundheit verantwortlich.

Nach derzeitiger Rechtslage ist der Planer für die Sicherheit des Projekts verantwortlich. Vom Eigentümer des Gebäudes wird erwartet, dass er die vielen Standards betreffend die Sicherheit der elektrischen Gebäudeinfrastruktur einhält.

4.1.2 KENNZEICHNUNG UND VERWALTUNG

Alle Verkabelungsnormen schreiben eine entsprechende Kennzeichnung von Komponenten und Telekommunikationsräumen vor.

Unter allen Verkabelungsnormen, die die Identifikation, Kennzeichnung und Aufzeichnung aller Verkabelungselemente in einer Datenbank vorschreiben, sticht TIA/EIA 606-B hervor, da diese Norm konkrete Regeln zu diesem Thema enthält. ISO/IEC 14763-2 und EN 50174-1 überlassen es den Installateuren selbst, wie sie die Identifikation, Kennzeichnung und Aufnahme in die Datenbank regeln.

Bei der Entwicklung und Lieferung von R&M*freenet*-Komponenten wird grosser Wert darauf gelegt, den Installateur bei der Einhaltung der normativen Vorgaben zu unterstützten. R&M unterstützt den Installateur darüber hinaus auch bei der Umsetzung alternativer Methoden, sofern die drei folgenden Voraussetzungen erfüllt sind:

1) Alle Verkabelungselemente werden in der Installationsdatenbank aufgeführt und eingetragen.
2) Alle Verkabelungselemente werden gemäss einer der anerkannten Verkabelungsnormen gekennzeichnet.
3) Es gibt eine Datenbank des Verkabelungssystems, die alle Komponenten und zwischen ihnen bestehenden Verbindungen enthält.

4.1.3 LAGERUNG UND TRANSPORT DES INSTALLATIONSKABELS

Wird ein Installationskabel (Kupfer oder Glasfaser) nach Lieferung nicht unmittelbar für die Installation verwendet, muss es an einem dafür geeigneten Ort gelagert werden. Der Lagerort muss trocken und vor schädlichen mechanischen und klimatischen Einflüssen geschützt sein.

Das Lagergut ist nach Möglichkeit bis zur Installation in der Originalverpackung zu belassen. Aufgrund des relativ lockeren Aufbaus des Kabels (generell bei allen symmetrischen Datenkabeln) kann eine gewisse Kapillarwirkung entstehen, die Feuchtigkeit ins Kabel transportieren kann. Dringt auf diese Weise Wasser ein, verändert sich die Impedanz des Kabels, was wiederum einen negativen Einfluss auf die elektrischen Übertragungseigenschaften des Kabels hat.

Bild 47: trocken gelagertes Kupferkabel

Bild 48: falsch gelagertes Kupferkabel

Neben der Gefahr der Korrosion von Adern und Schirmung wird durch die eindringende Feuchtigkeit auch die Wirkung der Aderisolation vermindert. Zudem kann das eingedrungene Wasser bei Minustemperaturen den Mantel sprengen. Daher sollten Kabelenden immer geschützt werden. Glasfaserkabel sollten mit einem Schrumpfaufsatz versehen werden.

Werden Datenkabel im Winter angeliefert, sollten die Kabeltrommeln, die längere Zeit Minustemperaturen ausgesetzt waren, einige Zeit zur Akklimatisierung in wärmerer Umgebung bleiben, bevor sie abgerollt und die Kabel eingezogen werden.

Die Abnahmeprüfung ist der erste Schritt des Qualitätsprozesses. Die Prüfung sollte folgende Punkte beinhalten: Anzahl Kabel, Verifizierung der Artikelnummern, Aufzeichnung der Rückverfolgbarkeit-Indikatoren (Produktionsserie, Herstellungsdatum, Fertigungslos) und wenn möglich die Verifizierung der Funktionalität durch Erstellen eines Probe-Links, der gemäss geltenden Normen geprüft werden kann. Vor der Prüfung sollten zwei bis drei Tage vergehen, damit sich die Kabel von der Belastung durch Verlegung und Einziehen erholen können.

Verladen und Transport der Kabeltrommel muss so durchgeführt werden dass kein Schaden an der Trommel verursacht wird. Kabeltrommel nicht von großer Höhe fallen lassen. Kaputte Trommeln können das Kabel beim Abrollen beschädigen. Die Benutzung von Hubstaplern oder LKW‘s mit Ladebordwand wird zum Abladen der Kabeltrommel empfohlen. Wenn ein Hubstapler benutzt wird, muss sichergestellt werden das die Trommel seitlich auf der Gabel positioniert wird (Bild 50).

Bild 49: Verladen von Rolle mit Stange

Bild 50: Verladen von Rolle quer auf Gabeln

Beim Rollen der Kabeltrommel muss geachtet werden dass keine Hindernisse im Weg liegen.

4.1.4 UMFELDBEDIENUNGEN

Folgende Massnahmen haben einen positiven Einfluss auf die Prüfung und Abnahme des Projekts und vermeiden Komplikationen und Beschädigungen während der Installationsarbeiten. Es muss beachtet werden dass auf der Baustelle bis zur Fertigstellung andere Arbeiten durchgeführt werden.

4.1.4.1 Verteilraum

Der Doppelboden im Verteilraum muss abgedeckt werden um diesen zu schützen. Der Zugang zu diesen Räumen sollte mit einer Staubschutzmatte ausgestattet sein, die regelmäßig gewechselt werden muss.

Der Zugang zu diesen Raumen sollte durch temporäre Maßnahmen ein Schloss gesichert sein bis die permanente Zugangssicherung installiert ist. Der Zugang zu verschiedenen Verteilerräume und Steigbereichen muss durch die Security der Baustelle protokoliert werden. Diese Bereiche sollten auch von der Security kontrolliert werden.

4.1.4.2 Steigleitungen und Kabelführungen

Es müssen Massnahmen getroffen werden um unbefugten Zugang zu den Steigbereichen und Kabelführungen der Datenkabel zu verhindern. Der Steigbereich und die Kabelführungen müssen geschützt und gesichert sein. Installierte Kabel sind anfällig gegen zufällige oder vorsätzliche Beschädigungen und haben Auswirkung auf den Projektablauf und die Projektkosten. Passende Maßnahmen um die verlegten Kabel während weiterer Arbeiten auf der Baustelle sollten überlegt werden.

4.1.4.3 Sauberkeit

IT Komponenten brauchen immer eine extrem saubere Arbeitsumgebung. Ein wichtiger Teil neben dem Installationablauf und der Sicherheit ist die Reinheit der IT Bereiche. Die folgenden Ratschläge sollen helfen die Räume und Breich3e für den IT Einsatz vorzubereiten.

• Staubfrei – Jedes Raum muss vor Beginn der IT Arbeit gereinigt und staubfrei gemacht werden. Der Bereich unter und über dem Doppelboden staubsaugt und alle Müll entsorgt ist.

• Klinisch Sauber – Verteilraume sollten sauber gemacht werden durch eine spezialisierte firme nach EN ISO 14644/1 Level 8 vor die erste aktive Netzwerkgeräte installiert werden. Ein klinisch sauberer Raum muss partikelfrei sein.

Diese Begriffe der Sauberkeit sind ein wichtiger Teil des IT Konzepts und ist massgeblich für die Freigabe der Räume durch den Hauptprojektleiter. Der nächste Projektabschnitt ist „Raum Bereit“, sehe Kapitel 3.1.4.

Der Installateur müsst die nötige Zeit vorsehen um die verschiedenen Sauberkeitsstufen in die Arbeitszeit zu integrieren. Jeder Raum das nicht für den nächsten Projektabschnitt frei gegeben kann beeinflusst das ganze Projekt. Sauberkeit und Umfeldbedingungen sind ein wichtiger Faktor bei der Installation von Glasfaserkabelbei der sauberer gearbeitet werden muss.

4.2 KUPFERKABEL

4.2.1 KABELEIGENSCHAFTEN

4.2.1.1 Allgemeine Anforderungen

Der Biegeradius wird in den Datenblättern von R&M in mm oder als Vielfaches des Aussendurchmessers des Kabels angegeben (siehe folgender Auszug aus dem Datenblatt eines Datenkabels). Es wird dabei zwischen einem minimal zulässigen Radius beim Verlegen des Installationskabels und einem minimal zulässigen Radius in verlegtem Zustand (ohne mechanische Belastung) unterschieden.

Eigenschaften Kupferkabel				
Radien		**Temperaturbereich [°C]**		
minimaler Biegeradius, Installation	8 x D	Betrieb		-20 bis +75
minimaler Biegeradius, installiert	4 x D	Installation		0 bis +50
Zugfestigkeit Kupferkabel [daN]		**Materialien**		
maximale Zugfestigkeit Installation		PVC	IEC60332-1	
Real10	8	LSZH	IEC61034, IEC60754-1,	
Andere	10		IEC60332-1-2	
maximale Zugfestigkeit, installiert	kein Zug	LSFRZH	IEC61034-1, IEC60754-2,	
			IEC60332-3-24	
		Brandlast [MJ/km]		
		PVC	276	
		LSZH	639	
		LSFRZH	550	

Tabelle 44: Datenblatt Beispiel Kupferkabel

4.2.2 VERLEGEN DER KABEL

Damit die Normwerte eingehalten werden können, ist es äusserst wichtig, die Kabel sehr sorgfältig zu verlegen.

Symmetrische Installationskabel sind nur für eine einmalige Installation vorgesehen. Die Konstruktion der Datenkabel ist heute so weit ausgereizt, dass bereits Leistungseinbussen durch nicht sachgemässe Installation zu nicht erfolgreichen Abnahmemessungen führen können.

Bei der Verlegung der Kabel sind daher folgende Anforderungen strikt einzuhalten.

4.2.2.1 Allgemeines

Bei der Verlegung von Kabeln in Kanälen von Unterflursystemen ist darauf zu achten, dass die Kabel nirgends eingeklemmt werden, da sie dadurch mit grösster Wahrscheinlichkeit beschädigt werden. Dies ist häufig beim Einsetzen von Bodenplatten der Fall und führt zu irreparablen Schäden an den Installationskabeln. Rollen Sie überschüssiges Kabel nicht auf, da dies zu Reflexionen mit entsprechender Rückflussdämpfung und damit zu einem Nichtbestehen der Abnahmeprüfung führen kann.

Vor dem Kabeleinzug ist das Auslegen (längeres Abspulen) der Kabel zu vermeiden, um Beschädigungen des ausgelegten Kabels durch Dritte zu vermeiden. Beachten Sie, dass symmetrische Kabel für Anwendungen in Innenräumen gedacht sind und daher immer geschützt werden sollten. Ungeschützte Kabel könnten beschädigt werden.

Die Kabel dürfen nicht seitlich über die Flanken der Kabeltrommel abgewickelt werden. (Gefahr der Verdrehung der Kabel. Die Geometrie der symmetrischen Paare wird dadurch empfindlich verändert.)

Wurde beim Einziehen der Kabel Feuchtigkeit oder Nässe festgestellt, muss die Herkunft des Wassers festgestellt und das Problem muss behoben werden. Alle Kabel, die während der Verlegens Wasser ausgesetzt waren, müssen ersetzt werden.

4.2.2.2 Maximale Zugkräfte

Maximale Zugkraft während der Installation	100 N

Es gibt spezielle Werkzeuge, die es unmöglich machen, eine bestimmte Zugkraft zu überschreiten. Dies sichert die Qualität des paarverdrillten Kabels.

Um die Zugkräfte im Installationskabel beim Abrollen weiter zu verringern, empfiehlt es sich, dem Abwickelvorgang durch manuelles Drehen der Kabeltrommel nachzuhelfen. Wenn möglich, sollte also manuell abgerollt werden.

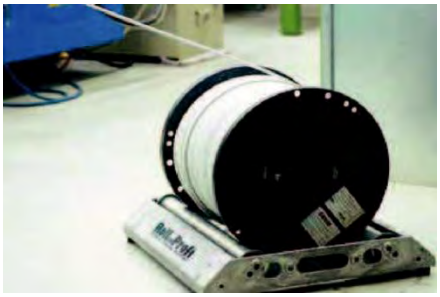


Bild 51: richtige Abrollrichtung

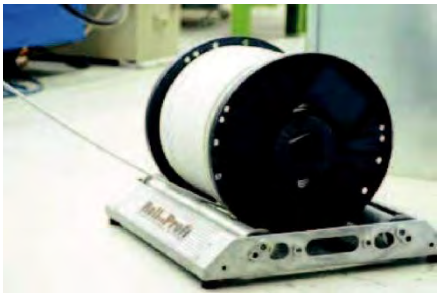


Bild 52: falsche Abrollrichtung

Bedienen Sie sich beim Verlegen der Installationskabel in vertikale Schächte oder Steigzonen der natürlichen Schwerkraft – ziehen Sie die Kabel nicht den Schacht hinauf, sondern lassen Sie möglichst sie von oben hinunter. Somit verhindern Sie unnötige Zugkräfte.

Bild 54: richtige Ausführung einer Steigzone

Manchmal allerdings wird dies nur schwer oder gar nicht möglich sein. Müssen Sie die Kabel nach oben ziehen, sorgen Sie dafür, dass ausreichend viele Mitarbeiter verfügbar sind, um die Kabel sicher und vorsichtig durch alle Stockwerke zu ziehen. Beim Verlegen der Installationskabel in Kabelkanälen sichern Sie diese mit Klettverschluss-Kabelbindern. Vermeiden Sie Kabelbinder aus Kunststoff. Befestigen Sie die Kabel, sobald sie sich in ihrer endgültigen Lage befinden. Danach sollten die Kabelbündel auf keinen Fall mehr gebogen werden. Achten Sie darauf, dass die Kabelbinder nicht zu fest angezogen sind. Die Kabel sollten sie noch etwas gedreht werden können und der Kabelmantel sollte seine ursprüngliche Form beibehalten. Werden die Kabelbinder zu fest angezogen, entstehen Druckstellen, die die elektrischen Übertragungseigenschaften der Datenkabel verschlechtern. Bei vertikaler Installation ist maximal alle 600mm eine Zugentlastung empfehlenswert. Vermeiden Sie Kabelbündelung oder beschränken Sie die Anzahl der gebündelten Kabel, um Fremdübersprechen (Alien Crosstalk) und Kabelüberbelastungen beim Bewegen oder Biegen der Bündel zu verhindern. Überprüfen Sie die Einhaltung der spezifizierten Biegeradien.

Bild 53: richtige Befestigung vertikal verlaufender Kabel

Beim Einziehen des Kabels sollte ein Kabelziehstrumpf verwendet werden. Hinweis: Befestigen Sie alle Adern am Einziehwerkzeug und sichern Sie sie mit Isolierband.

4.2.2.3 Kabel-Biegeradius

Faustregel für die Biegeradien von R&M*freenet*-Kupfer-Installationskabeln:

Kategorie	Installation	Installiert
Kat. 5e	50 mm	25 mm
Kat. 6/6A	60 mm	50 mm
Kat. 7/7A	70 mm	50 mm
Real10 U/UTP	70 mm	60 mm

Tabelle 45: Beispiele für Biegeradien bei Kupferverkabelung

Entnehmen Sie die genauen Angaben stets dem betreffenden Datenblatt.

Zu enge Biegeradien, insbesondere während der Installation des Kabels, können den mechanischen Aufbau der verdrillten Adern innerhalb des Kabels verändern und somit auch die Übertragungseigenschaften des Kabels beeinträchtigen (vor allem NEXT, FEXT und RL).

Falls Kabel im Bereich von Biegungen und Abzweigungen über Kanten laufen, achten Sie beim Einziehen darauf, dass die für den entsprechenden Kabeltyp vorgegebenen minimalen Biegeradien nicht unterschritten werden. Müssen Kabel über Kanten eingezogen werden, kontrollieren Sie, dass der Kabelmantel nicht durch Reibung oder Zugspannung beschädigt werden kann. Sorgen Sie dafür, dass das Gesamtgewicht aller eingezogenen Installationskabel für die zuunterst liegenden Installationskabel nicht zu gross ist.

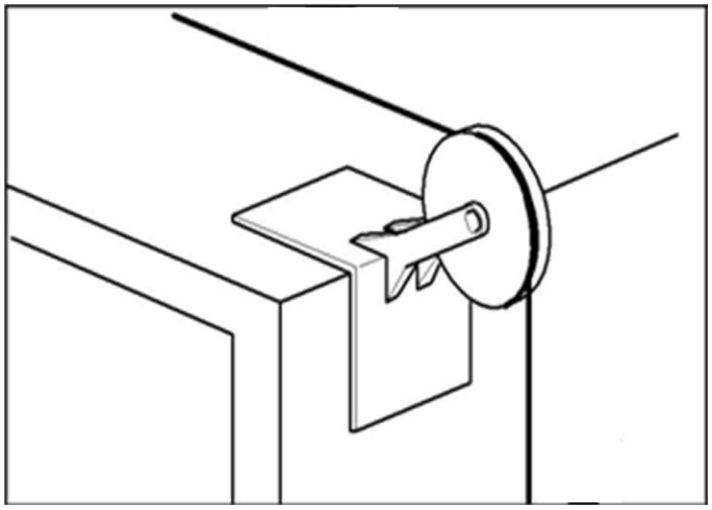


Bild 55: Beispiele für Biegeradien bei Kupferverkabelung

Zum schonenden Einziehen empfiehlt es sich, Führungen und Rollen zu verwenden (siehe Bild 1), das Kabel mindestens zu zweit manuell einzuziehen oder Stück für Stück zu installieren.

4.2.2.3.1 Kabelmanagement

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die Installationskabel vom Kabeleintritt im Verteilerschrank zu den Anschlussmodulen zu führen. Es muss sichergestellt werden, dass die Kabel ausreichend zugentlastet sind und in einer Schleife verlaufen, damit die Elemente leicht nach vorne herausgenommen werden können (Kabelreserve dient für Wartungszwecke oder für spätere Aufrüstung von Kat.5e auf Kat.6 oder Kat. 6 auf Kat. 6_A).

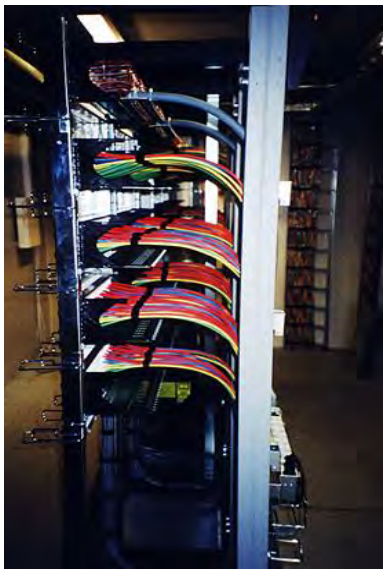


Bild 56: richtiges Kabelmanagement

Bild 57: falsches Kabelmanagement, zu grosse Bündel

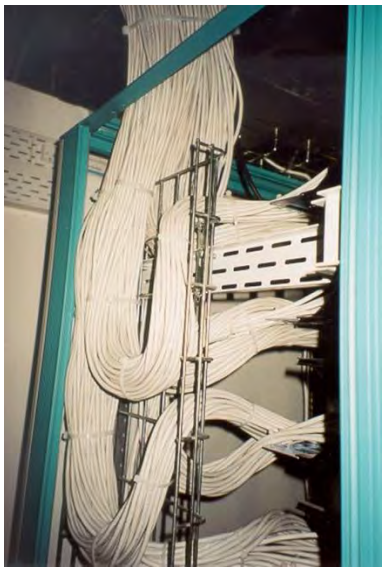


Bild 58: falsches Kabelmanagement, Kabelführungen

4.2.3 BEARBEITEN DER KABEL

Bild 59: Abisolierlänge

Entfernen Sie bei Installationskabeln mit bis zu 11 mm Durchmesser den Aussenmantel mit dem Abisolierwerkzeug für ungeschirmte und geschirmte Datenkabel.

Bild 60: Abisolierwerkzeug

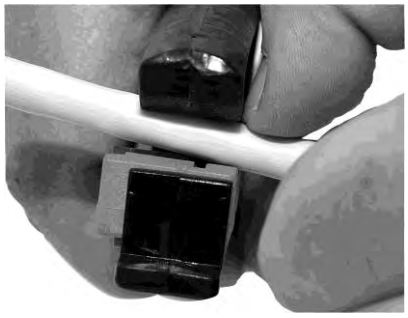


Bild 61: Einschnitt vornehmen

Drehen Sie das Werkzeug in die entsprechende Richtung einmal um die Achse des Kabels. Halten Sie das Kabel dabei mit der anderen Hand gut fest.

Bild 62: Abisolieren

Um die Isolation zu lösen, biegen Sie das Kabel im Schnittbereich nach unten und nach oben und ziehen Sie anschliessend die so gelöste Isolation vom Kabel ab.

4.2.4 BESCHALTUNG DER ANSCHLUSSMODULE

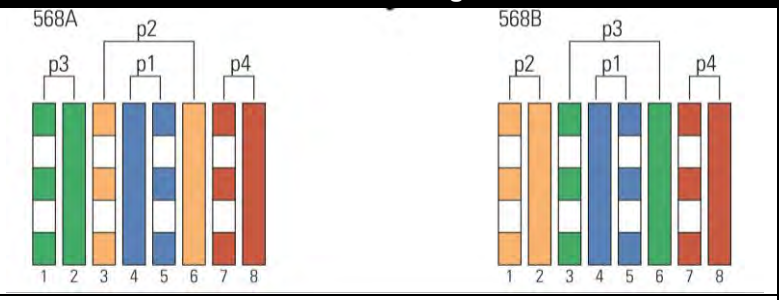
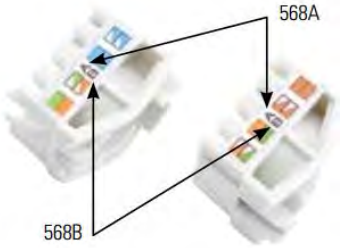
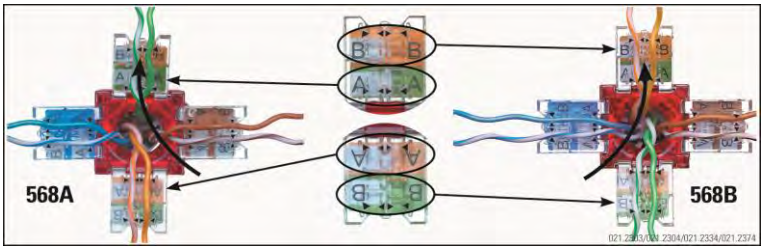
Kategorie	Beschaltung
Cat 5, Cat6 Je nach Modul-Typ, Kat5e und Kat6, können unterschiedliche Schirmhauben montiert werden	
Cat6$_A$ EL UTP Beschaltung STP Beschaltung	 Aufdrehen Adernpaar und nach Farbcode einlegen *Untwist wire pair and insert color code* 021.3083  021.3082 / 021.3081
Cat6$_A$ ISO Beschaltung	

Tabelle 46: Module Beschaltung

4.2.5 RANGIERKABEL

Rangierkabel erweisen sich zunehmend als Schlüsselfaktor für die Erreichung der gewünschten Channel-Performance.

Aus diesem Grund empfiehlt R&M, nur Rangierkabel höchster Qualität zu verwenden. Rangierkabel sollten nach jeweils 750 Steckvorgängen ausgetauscht werden.

Der minimale Biegeradius dieser Kabel beträgt 4xD. Knicke und Verdrehungen können die Leistung der Kabel beeinträchtigen.

Mit R&M-Systemen sollten in jedem Fall Rangierkabel von R&M verwendet werden.

4.2.6 POTENZIELLE FEHLERQUELLEN IN DER UGV

4.2.6.1 Kat.5e/ 6 Modul

Eine wichtige Fehlerquelle ist eine unsachgemässe Aufschaltung der R&M-Anschlussmodule. Bitte folgen Sie für eine korrekte Aufschaltung von Anschlussmodulen der beigelegten Installationsanleitung.

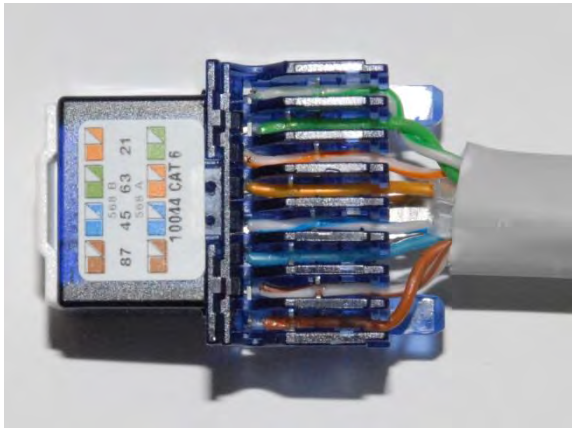


Bild 63: Korrekte Aufschaltung / zusätzliche Verdrillung der Aussenpaare / keine Überkreuzung

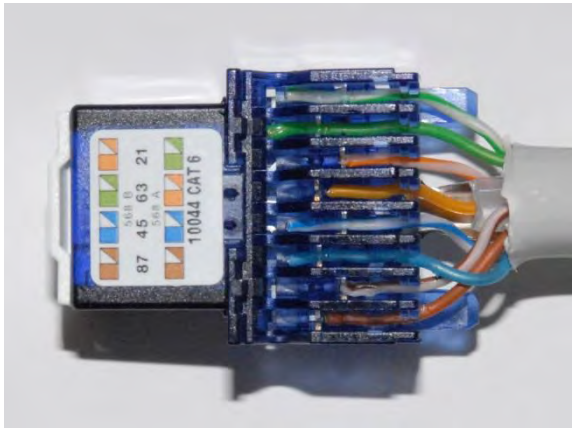


Bild 64: falsche Aufschaltung / Luftspalte zwischen den Paaren / überlappende Paare / Paare nicht vollständig eingeführt (orange)

Die Aderpaare sollen auf dem kürzesten Weg direkt und ohne Überkreuzung eines anderen Aderpaares vom Ende des Kabelmantels aus zu den Aufnahmen im Anschlussmodul geführt werden. Nur mit einer korrekten Aufschaltung kann das Bestehen der Abnahmemessung garantiert werden. Der Kabelmantel sollte so am Modul montiert werden, wie im Bild „korrekte Aufschaltung“ gezeigt wird. Der Kabelbinder sollte maximal so fest angezogen werden, dass der Kabelmantel nicht deformiert wird.

4.2.6.2 Installation

- Installationskabel müssen gemäss Anleitung der Hersteller verlegt werden.
- Die Kabel sind zu verlegen, nicht einzuziehen (max. Zugkraft gemäss R&M).
- Die Kabelbinder dürfen nur mit wenig Zug- oder Druckkraft angebracht werden.
- Die Biegeradien müssen eingehalten werden.
- Knicke und Quetschungen sind zu vermeiden.

4.2.6.3 Messgeräte

- jährliche Kalibrierung
- tägliche Referenzierung
- Adapterkabel müssen gemäss Herstellerrichtlinien und Norm eingesetzt werden, da ansonsten verschlechterte Messwerte zu erwarten sind.
- Kat.6_A Messadapterkabel sind immer äusserst sorgfältig zu behandeln und mit grösstmöglichem Biegeradius zu lagern.
- Da die Lebensdauer der Messadapter begrenzt ist, ist beim Gerätehersteller zu klären, wie viele Messungen durchgeführt werden können und wann neue Adapter bestellt werden müssen.
- Die Konsistenz der Messresultate muss in regelmässigen Abständen kontrolliert werden.

4.3 LICHTWELLENLEITER

4.3.1 SICHERHEIT

4.3.1.1 Vorsichtsmassnahmen beim Umgang mit Lasern

Die in der faseroptischen Verkabelung eingesetzte Laserstrahlung ist unsichtbar, kann aber zu schweren Augenschäden führen Das direkte Hineinsehen ist nicht schmerzhaft, daher schliesst sich die Iris nicht automatisch wie etwa bei hellem Licht. Dadurch kann die Netzhaut des Auges schweren Schaden nehmen. Suchen Sie sofort ärztliche Hilfe, falls Ihre Augen Laserstrahlung ausgesetzt waren.

Schauen Sie nie direkt in eine Faser, an die ein Laser gekoppelt ist.

4.3.1.2 Übersicht der Laserklassifizierung

Laser werden gemäss IEC60825-1 Ausg. 3.0:2013 nach ihrem Gefahrenpotenzial in sieben Klassen eingeteilt. Diese Klassen sind 1, 1M, 2, 2M, 3R, 3B und 4. Die Hersteller der Laser müssen ihre Produkte mit Warnhinweisen kennzeichnen. In bestimmten Fällen müssen gemäss der genannten Norm auch Emissionswerte, Laseraperturen, Gefahren für die Haut und unsichtbare Wellenlängen angegeben werden. Laser ab Klasse 2 müssen darüber hinaus mit dem hier gezeigten Warnzeichen versehen werden.

Bild 65: Laser Klasse 1

Laser Klasse 1 werden unter allen normalen Betriebsbedingungen und auch bei Verwendung optischer Betrachtungsinstrumente als sicher eingestuft. Zu Klasse 1 gehören auch höherenergetische Laser, die vollständig abgeschirmt sind, so dass keine Strahlung austreten kann (eingebettete Laserprodukte).

Bild 66: Laser Klasse 1M

Laser der Klasse 1M sind ebenfalls auch bei direktem längeren Betrachten mit blossem Auge sicher. Zu Augenschäden kann es jedoch kommen, wenn unter bestimmten Umständen wie im beschrieben bestimmte Betrachtungsinstrumente eingesetzt werden, (Wellenlänge 302.5nm bis 4000nm)

Bild 67: Laser Klasse 2

Laser der Klasse 2 senden sichtbare Strahlung im Wellenlängenbereich von 400nm bis 700nm aus. Ein längerer direkter Blick in den Strahl kann gefährlich sein. Das Betrachten mit optischen Instrumenten führt jedoch zu keinem erhöhten Risiko.

Bild 68: Laser Klasse 2M

Laser der Klasse 2M senden wie Laser der Klasse 2 sichtbare Laserstrahlung aus. Das kurzfristige Betrachten mit blossem Auge ist ungefährlich. Das (auch kurzzeitige) Betrachten mit optischen Instrumenten kann unter bestimmten Voraussetzungen jedoch gefährlich sein. Es kann ausserdem zu Blendwirkungen, kurzfristigen Sehkraftverlusten und Nachbildern kommen, die mittelbar die Sicherheit beeinträchtigen können.

Bild 69: Laser Klasse 3R

Laser der Klasse 3R sind im Vergleich zur Klasse 2M gefährlicher, da ihre Laserstrahlung schneller zu Augenschäden führt. Blendwirkungen, kurzfristige Sehkraftverluste und Nachbilder, die mittelbar die Sicherheit beeinträchtigen können, treten mit höherer Wahrscheinlichkeit auf.

Bild 70: Laser Klasse 3B

Laser der Klasse 3B führen in der Regel bereits bei kürzestem Betrachten der Strahlung zu Augenschäden. Strahlung, die auf die Haut trifft, kann diese verletzen. Es besteht sogar die Gefahr, dass brennbare Materialien entzündet werden.

Bild 71: Laser Klasse 4

Zu dieser Klasse zählen die gefährlichsten Laser. Ihre Strahlung ist sogar bei indirekter Exposition äusserst gefährlich für das Auge. Auch reflektierte Strahlen können gefährlich sein. Die Strahlung dieser Laser kann Hautverletzungen hervorrufen und Brände auslösen.

Tabelle 47: Übersicht der Laserklassifizierung IEC 60825-ed.3.0:2013

4.3.1.3 Vorsichtsmassnahmen beim Umgang mit optischen Fasern

Abgebrochene Faserenden, wie sie bei Beschaltungs- und Spleissarbeiten anfallen, können gefährlich sein. Ihre Ränder sind extrem scharf und dringen schnell in die Haut ein. Sie brechen leicht ab und man kann sie fast nicht sehen. Ausserdem sind sie schwer zu entfernen. In den meisten Fällen sind dazu eine Pinzette und ein Vergrösserungsglas nötig. In die Haut eingedrungene Fasern sollten sehr schnell entfernt werden, da sie gefährliche Infektionen hervorrufen können. Darum gilt:

- Seien Sie immer vorsichtig im Umgang mit Glasfasern.
- Drücken Sie nicht mit dem Finger auf abgebrochene Faserenden.
- Lassen Sie keine Faserstücke auf den Boden fallen. Sie setzen sich in Teppichen oder an Schuhen fest und werden so an andere Orte, wie beispielsweise in Ihre Wohnung, weiter getragen.
- Entsorgen Sie alle Faserreste äusserst sorgfältig.
- Essen und trinken Sie nicht im Installationsbereich.

4.3.1.4 Sicherheit von Chemikalien

Bei Spleiss- und Beschaltungsarbeiten werden diverse chemische Reinigungsmittel und Klebstoffe verwendet. Die entsprechenden Sicherheitsvorschriften müssen immer befolgt werden. Bei Unklarheiten ist beim Hersteller das entsprechende Materialsicherheitsblatt (MSDS, Material Safety Data Sheet) anzufordern. Befolgen Sie beim Umgang mit Chemikalien die folgenden Richtlinien:

- Arbeiten Sie immer in gut belüfteten Umgebungen.
- Vermeiden Sie generell Hautkontakt mit Chemikalien.
- Verwenden Sie keine chemischen Mittel, die allergische Reaktionen hervorrufen könnten.
- Auch der als Reinigungsmittel verwendete Isopropylalkohol ist entflammbar und muss vorsichtig behandelt werden.

4.3.1.5 Sofortbehandlungen bei Kontakten mit Hexan oder Isopropanol beim Reinigen von Fasern

Art des Kontakts	Hexan		Isopropanol	
	Art des Kontakts	**Sofortbehandlung**	**Art des Kontakts**	**Sofortbehandlung**
Einatmen	Reizung der Atemwege, Husten	Atmung aufrecht erhalten, Bettruhe	Reizung der oberen Atemwege	Betroffenen an die frische Luft bringen; künstlich beatmen, bis die Atmung wieder regelmässig ist
Verschlucken	Übelkeit, Erbrechen, Kopfschmerzen	kein Erbrechen einleiten, sofort ärztliche Hilfe anfordern	Trunkenheit und Erbrechen	dem Betroffenen Milch und Wasser zu trinken geben, ärztliche Hilfe anfordern
Hautkontakt	Reizung	betroffene Hautstelle abwischen und mit Wasser und Seife waschen	nicht schädlich für die Haut	betroffene Hautstelle abwischen und mit Wasser und Seife waschen
Augenkontakt	Reizung	Augen 15 Min. lang mit reichlich Wasser auswaschen	Reizung	Augen 15 Min. lang mit reichlich Wasser auswaschen

Tabelle 48: Sofortbehandlungen bei Kontakt mit Isopropanol

4.3.1.6 Brandschutz

Fusionsspleisse benötigen für die Spleissung einen elektrischen Funken. Stellen Sie deshalb sicher, dass sich keine entflammbaren Gase in der Nähe der Spleissarbeiten befinden.

Es darf nie in Kabelschächten oder an ähnlichen Stellen gespleisst werden, da sich dort Gase ansammeln können.

Eine gute Option ist der Splicing Trailer, also Spleissanhänger. Er stellt einen mobilen Arbeitsort für alle Spleissarbeiten dar. Die Arbeitsumgebung im Anhänger ist temperaturgeregelt. Zur Gewährleistung einwandfreier Spleissungen muss der Spleissanhänger immer absolut sauber gehalten werden.

Das Rauchen sollte in der Nähe von faseroptischen Installationsarbeiten nicht gestattet sein. Zigarettenasche verstärkt das Staubproblem bei Glasfasern. Ausserdem kann Explosionsgefahr aufgrund brennbarer Stoffe in der Nähe bestehen.

4.3.1.7 Sicherheit bei Installationsarbeiten in Kabelschächten

Sicherheit in Schächten/Unterflursystemen:

In Schächten können explosive Gase und Dämpfe vorkommen, zum Beispiel aufgrund eines Lecks in einer nahen Gas- oder Flüssigkeitsrohrleitung. Prüfen Sie deshalb mit einem anerkannten Prüfgerät, ob sich entflammbare und/oder giftige Gase in der Atmosphäre befinden, ehe Sie in den Schacht steigen.

Vermeiden Sie in Schächten die Verwendung jeglicher Geräte, die Funken oder Flammen erzeugen.

4.3.1.8 Arbeitssicherheit

Um das Unfallrisiko im Arbeitsbereich möglichst gering zu halten, müssen unbedingt alle Vorschriften hinsichtlich des Aufstellens von Abgrenzungen, Schutzgittern vor Schächten und Warnschildern befolgt werden.

Bevor ein Kabel direkt aus der Achterform gezogen wird, muss sichergestellt werden, dass sich innerhalb der Schlaufen weder Personen noch Ausrüstungsgegenstände befinden. Andernfalls kann es bei Verwicklungen zu Kabel- oder auch Personenschäden kommen.

Alle für die Kabelinstallationen notwendigen Werkzeuge und Geräte müssen sich in einwandfreiem Zustand befinden. Korrosion an Geräten kann Kabel beschädigen und auch Personen können sich verletzen. Ausserdem müssen elektrische Risiken ausgeschlossen werden, falls in den Schächten oder Unterflursystemen, in denen gearbeitet wird, elektrische Leitungen verlaufen.

4.3.2 VERLEGEN DER KABEL

Alle LWL Kabel können bei Handhabung und Verlegung leicht beschädigt werden. Hier einige wichtige Aspekte, die beim Verlegen dieser Kabel besonders beachtet werden sollten.

Unsachgemässes Verlegen, z.B. über Kanten von Mauerdurchbrüchen und in schmale Kabeltrassen sowie das Verdrehen der Kabel während des Einzugs sind zu verhindern. An für das Einziehen kritischen Stellen sollte also mit äusserster Sorgfalt gearbeitet werden. Wir empfehlen, die UGV nach der Installation stichprobenweise auf die spezifizierten Biegeradien hin zu überprüfen.

Kabel, die während der Verlegens Wasser ausgesetzt waren, müssen ersetzt werden. LWL-Kabel sollten nach der Installation um 1,5m zurückgeschnitten werden. Dadurch wird der Bereich entfernt, der den grössten Zugbelastungen ausgesetzt war. Sehen Sie mindestens 6m Kabelreserve für Anschlüsse und/oder Spleissungen vor.

4.3.2.1 Maximale Zugkraft für LWL Kabel

Beachten Sie das Datenblatt des Herstellers.

Zugbeanspruchung (daN)	Breakout I-V(ZN)HH	Mini-Breakout I-V(ZN)BH	Zentral Bündelader I/A-DQ(ZN)BH	Verseilte Bündelader I/A-DQ(ZN)BH
Anzahl Fasern		8-12-24		
Bei Verlegung	150	240-350-450	100	500
Im Betrieb	50	80-115-150	500	350

Tabelle 49: Zugkraft LWL-Kabel

Bei der Verlegung von faseroptischen Kabeln sollten mechanische oder andere, gleichwertige Schutzvorkehrungen getroffen werden, damit die vom Hersteller vorgegebene maximale Zugbelastung nicht überschritten wird. Um das Eindringen von Wasser und anderen Verschmutzungen während der Installation zu verhindern, muss das faseroptische Kabel immer abgedichtet bleiben.

Eine Überschreitung der zulässigen Zugkräfte kann das Kabel so stark belasten, dass die Dämpfung irreversibel erhöht wird.

Innen- und Aussenkabel sind nur in den dafür vorgesehenen Bereichen zu verwenden.

Wenn Glasfaserkabel von einer Trommel auf eine andere Trommel umgespult werden, muss sichergestellt werden das die neue Trommel keine Beschädigungen aufwesit. Es muss geachtet werden dass der Durchmesser der neuen Trommel dem Minimum Biegeradius des Kabels entspricht. Beim Umspulen muss auf die maximale Zugkraft des Kabels geachtet werden Die neue Trommel muss mit den Kabeldaten beschriftet werden.

Das Nichteinhalten der Einzugskräfte, insbesondere in Verbindung mit zu engen Biegeradien (Hauptfolge zu hoher Einzugskräfte), kann die Kabeleigenschaften verschlechtern.

4.3.2.2 Kabel-Biegeradius

Wenn die Biegeradien von Glasfasern bei der Installation in Kabelkanälen und Anschlusskästen zu eng werden, können Mikrorisse entstehen. Das führt zu erhöhter Dämpfung und zu einer drastischen Senkung der Lebensdauer des Kabels. Beim Verlegen des Installationskabels muss der Biegeradius ständig kontrolliert werden.

Bei deutlichem Unterschreiten der vorgeschriebenen Radien oder wenn das Installationskabel unter Zug steht oder durch Dritte beschädigt worden ist, sollte eine Abnahme abgelehnt und ein Ersetzen der betroffenen Kabel durch neue verlangt werden. Für unsachgemässe Installationsarbeiten, z.B. Knicke, Biegeradien, Zug auf Kabel, Verdrehungen, die zu Kabelschäden führen, ist der Installateur verantwortlich.

Faseroptische Kabel sind auf bestimmte Biegeradien und Zugfestigkeiten hin ausgelegt. Der betreffende Biegeradius darf in keinem Fall und an keiner Stelle unterschritten werden. Jede Unterschreitung kann zu Biegedämpfungen und/oder Brüchen im Kabel führen. In der Regel ist der minimale Biegeradius 20-mal der Durchmesser des Kabels.

Biegeradius (mm)	Breakout I-V(ZN)HH	Mini-Breakout I-V(ZN)BH	Zentral Bündelader I/A-DQ(ZN)BH	Verseilte Bündelader I/A-DQ(ZN)BH
Anzahl Fasern	8-12-24	8-12-24		12/72-96-144
Bei verlegung	≥100-150-175	≥75-100-100	≥100	≥150-180-220
Im Betrieb	≥150-250-280	≥130-150-150	≥60	≥150-180-220

Tabelle 50: Biegeradius LWL-Kabel

4.3.2.3 Kabelmanagement

Wenn Glasfaserkabel in Steigbereichen installiert werden, sollten im Abstand von 10m zwei Kabelringe angebracht werden um das Gewicht des vertikal montierten Kabels in Segmente aufzuteilen. Der Durchmesser des Ringes muss an den Minimum Biegeradius des Kabels angepasst werden.

Bild 72: Kabelmanagement am LWL-Rack

Beim Verlegen von LWL-Kabeln ist insbesondere dort, wo sie in Schränke geführt werden, erhöhte Sorgfalt erforderlich. Ausserdem muss darauf geachtet werden, dass an allen Rangierfeldern und an den Schrank-Einführungen ausreichende Zugentlastungen (mit Klettverschluss) vorhanden sind.

Kupfer- und LWL-Kabel sollten möglichst getrennt geführt werden. Wir empfehlen, LWL Kabel erst dann zu verlegen und anzuschliessen, wenn die Kupferverkabelung abgeschlossen ist.

Wo dies möglich ist (hauptsächlich DC), sind speziell für LWL-Kabel entwickelte Kabelkanäle zu verwenden.

4.3.3 BEARBEITEN DER KABEL

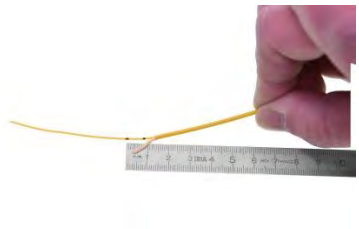
Biegen Sie das Kabel oder die Ader beim Abisolieren des Aussenmantels oder der Bündelader nach dem Einschneiden des Aussenmantels nicht stärker als bis zum minimalen Biegeradius.

Entfernen Sie die Aussenisolierung der Installationskabel mit einem passenden Abisolierwerkzeug.

Bild 73: Abisolierlänge des LWL-Kabels messen

Kürzen Sie das verstärkende Element (oftmals Aramid), auf die für die Zugentlastung passende Länge.

Bild 74: Aussenmantel abziehen



Kennzeichnen Sie den Fasermantel an der richtigen Stelle gemäss Installationsanleitungen.

Bild 75: Bündelader- oder Volladerabisolierlänge messen

Ziehen Sie den Fasermantel ab und reinigen Sie die Glasfaser mit Isopropylalkohol.

Bild 76: freigelegte Glasfaser mit Isopropylalkohol reinigen

4.3.4 ANSCHLIESSEN VON LWL KABELN

4.3.4.1 Verbindungstechniken

LWL-Kabel können auf unterschiedliche Arten angeschlossen werden. Einige Beispiele:

- Feldkonfektionierung
- Breakout Kabel (vorkonfektioniert)
- Fusionsspleiss
- mechanischer Spleiss

4.3.4.2 Kennzeichnung und farbliche Codierung von LWL Adapter und Steckverbinder

Eine korrekte Codierung, z.B. mittels Farben, von Steckverbindern und Adaptern ist wichtig. Dadurch wird das versehentliche Zusammenschliessen verschiedener Fasern verhindert. Bei Duplex-Verbindungen sollten für eine korrekte Polarität zusätzliche Codierungen eingesetzt werden.

Zur Unterscheidung zwischen Singlemode- und Multimode-Adaptern und -Steckverbindern werden folgende Farben verwendet:

- Multimode 50µm und 62,5µm Beige oder Schwarz
- Singlemode PC Blau
- Singlemode APC Grün

4.3.4.3 LWL-Feldkonfektionierung

Die LWL-Feldkonfektionierung ist völlig unkompliziert.

1. Kabel vorbereiten und brechen

Bild 77: Faser auf Länge brechen

2. Kabel und Stecker verbinden

Bild 78: Faser in den LWL-Stecker schieben, bis sie einrastet

3. Für Zugfestigkeit sorgen

Bild 79: Zugentlastung am LWL-Stecker anbringen

Beschaltung Video

4.3.5 REINIGEN VON GLASFASERN

IRA

INSPIZIEREN, REINIGEN (sofern erforderlich), dann ANSCHLIESSEN

Die Leistungsfähigkeit eines Lichtwellenleitersystems hängt stark von der Sauberkeit der Verbindungsstellen ab. Kleine Schmutzpartikel, Staub usw. können einen LWL Verbinder unter Umständen zerstören. Daher ist folgende Vorgehensweise dringend zu empfehlen: Überprüfen Sie die Oberfläche mit einem geeignetem Hilfsmittel (Mikroskop). Reinigen Sie sie gemäss den Herstellervorgaben. Überprüfen Sie die Oberfläche dann nochmals und stellen Sie die Verbindung nur her, wenn sie sauber ist.

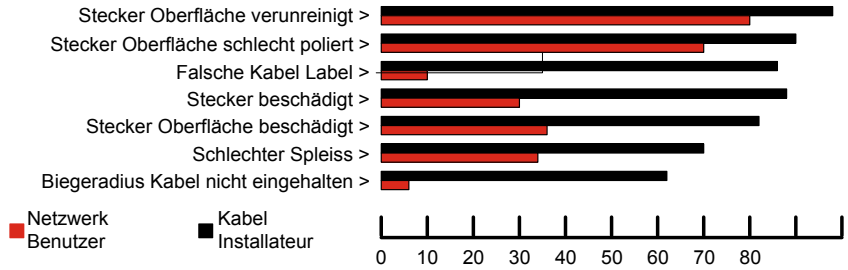

Stecker Oberfläche verunreinigt >
Stecker Oberfläche schlecht poliert >
Falsche Kabel Label >
Stecker beschädigt >
Stecker Oberfläche beschädigt >
Schlechter Spleiss >
Biegeradius Kabel nicht eingehalten >
Netzwerk Benutzer
Kabel Installateur
0 10 20 30 40 50 60 70 80

Bild 80: Reinigungsfehler Quote

4.3.5.1 Welche Norm

Der ISO 14763-3 und TIA 586-C verweisen betreffend des Messverfahren auf die ISO 61300-3-35. Alle Stecker Oberflachen müssen gemäss ISO 61300-3-35 mit dem richtigen Prüfgerät inspiziert werden.

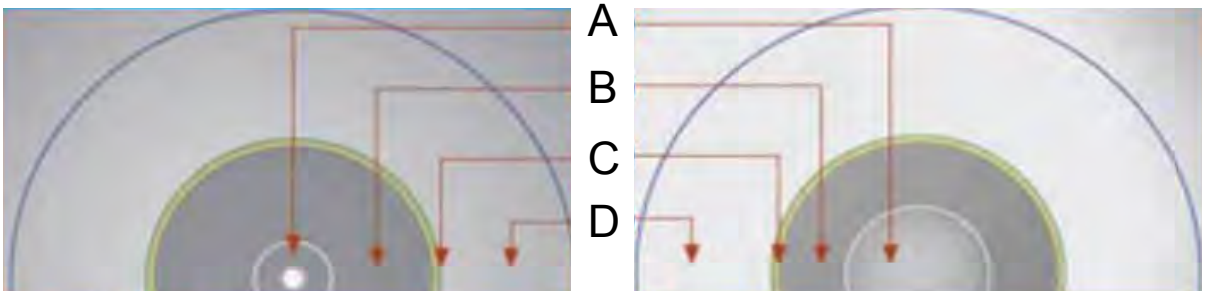


Bild 81: ISO 61300-3-35 SMF & MMF

Single Mode UPC				MMF		
Fehler	**Kratzer**	**Zone**		**Zone**	**Kratzer**	**Zone**
Keine	Keine	Kern (0-25µm)	A	Kern (0-65µm)	Keine	4≤5µm Keine>5 µm
Erlaubt<2µm 5 von 2-5µm Keine>5 µm	Erlaubt≤3µm Keine>3µm	Fasermantel (25-120µm)	B	Fasermantel (65-120µm)	Erlaubt≤3µm Keine>5µm	Erlaubt<2µm 5 von 2-5µm Keine>5 µm
Erlaubt	Erlaubt	Klebstoff (120-130µm)	C	Klebstoff (120-130µm)	Erlaubt	Erlaubt
Keine≥10 µm	Erlaubt	Kontaktfläche (130-250µm)	D	Kontaktfläche (130-250µm)	Erlaubt	Keine≥10 µm

Tabelle 51: ISO 61300-3-35 Kriterium

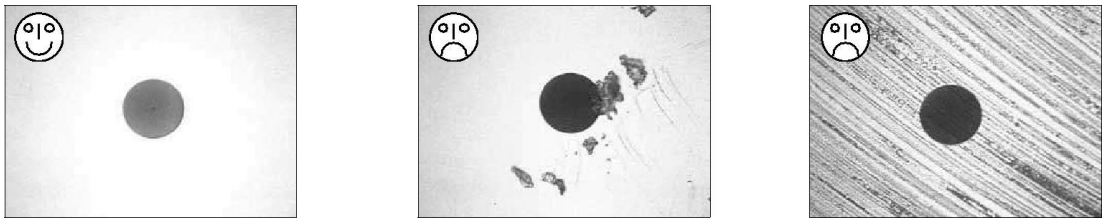


Bild 82: Beispiele für eine gut und zwei schlecht gereinigte LWL-Verbindungsstellen (Staub/Schmutz, Fett/Öl/Fingerabdrücke)

Wenn die Steckeroberfläche nicht den obenstehenden Bedienungen entspricht muss der Stecker gereinigt und wieder kontrolliert werden. Dieser Vorgang hat so lange durchgeführt zu werden bis der Stecker rein ist. Beide im Adapter steckenden Steckern müssen vor dem Anstecken entsprechend der ISO 61300-3-35 gereinigt werden. Der Prozess ist zu dokumentieren (Fotos) und bei der Abnahme mitzuliefern um bei Problemen mit schlechten Verbindungen die Verschmutzung auszuschließen. Biss jetzt müss diese Dokumentierung noch nicht für R&M*freenet* Garantieantragen mitgeliefert werden.

Bei starker Verschmutzung im Bereich des Faserkerns wird das Lasersignal gestört und die Einfügedämpfung und die Reflexionen erhöht

Diese Verschmutzungen können auch bleibende Schäden verursachen. Es ist es wichtig vor dem Anstecken die Steckeroberfläche zu inspizieren, wann nötig zu reinigen und erst dann anzuschliessen. Die Verschmutzungen können auf einen anderen Stecker übertragen werden so andere Stecker kontaminieren.

Dabei ist folgendes Reinigungsmaterial zu verwenden:

- fusselfreie Tücher
- fusselfreie Stäbchen
- Isopropylalkohol
- trockenes Reinigungsband

4.3.6 RANGIERKABEL

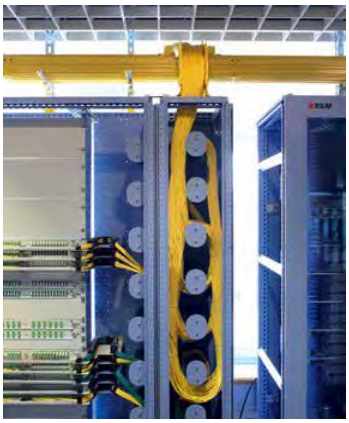


Bild 83: LWL-Rangierkabel-Management

Da Rangierkabel inzwischen eine wichtige Rolle beim Erreichen der gewünschten Channel-Performance spielen, sollten nur biegungsunempfindliche Rangierkabel verwendet werden.

Rangierkabel sollten nach jeweils 1000 Steckvorgängen ausgetauscht werden.

Bei MACs (Moves, Adds, Changes - d.h. Konfigurationsänderungen) mit Rangierkabeln ist peinlich genau darauf zu achten, dass weder die von der Konfigurationsänderung betroffenen Rangierkabel noch benachbarte Rangierkabel zu hohen Belastungen ausgesetzt werden. Auf ein Rangierkabel (Duplex) dürfen maximal 400 N Zugkraft beim Installieren ausgeübt werden und 100N im betrieb.

Mit R&M-Systemen sollten in jedem Fall Rangierkabel von R&M verwendet werden.

4.4 INSTALLATIONS-CHECKLISTE

Projekt Name		Stockwerk	
Ort		Datum	

Beschreibung	IG	OK	Visum	Anmerkungen
Lagerung entsprechend der Spezifikationen	4.1.3			Keine Feuchtigkeit, Temperatur, Chemikalie, Sicherheit
Sicherheit und Sauberkeit Verteilraume, Steigschächte und Kabelführungen	4.1.4			
Wareneingangsinspektion	4.1.3			
Batch Messung	4.1.3			
Geeignete Werkzeuge verwenden, Personal ausreichend trainiert und instruiert				
Kabelführungen auf Wassereintritt, scharfe Kanten und Biegeradius kontrolliert	4.2.1 4.2.2 4.3.2			
Sind die Kabelkanäle ausreichend für die Kabelmenge plus 100%	4.2.2			
EMV richtiger Anschluss von Kabelführungen und metallische Kabeln an den Potentialausgleich.	3.1.3			
Massnahmen zur Einhaltung der Biegeradien	4.2.2 4.3.2			
Identifizierung von möglichen Hindernissen die das Kabel beschädigen könnten				
Sicherstellen das die Kabel nicht zu fest gebündelt sein	4.2.2 4.3.2			6mm Klettband verwenden Kabelbinder ausschließlich über Klettband anbringen
Richtige Arbeitstemperatur für die Installation der Kabel und Montage der Module	4.2.1			
Schutz der installierten Kabel	4.1.4			
Entspricht der Kabeltyp Installationsumgebung (MICE)	3.1.2			

Projekt Name		**Stockwerk**	
Ort		**Datum**	

Beschreibung	**IG**	**OK**	**Visum**	**Anmerkungen**
Trennabstand zwischen Kupferdaten-kabeln und Stromkabeln eingehalten	3.2.4			
Ungeschirmte Kabel dürfen nicht ge-bündelt werden				
EMV von Rangierfeldern beachten	3.1.3			
Brandschutz durch qualifizierten Fachmann installiert und kontrolliert				

Die folgende Liste enthält die Merkmale einer ordnungsgemässen und professionellen Installation.

- Am Standort müssen geeignete Mitarbeiter für das Einziehen der Installationskabel zur Verfügung stehen.
- Vor dem Verlegen der Kabel müssen scharfe Kanten an Durchbrüchen und Rohren entgratet werden, um Beschädigungen des Kabelmantels beim späteren Einziehen und Befestigen auszuschliessen.
- Für das Durchqueren von Wänden müssen Kabelkanäle oder Rohre verwendet werden. Denken Sie daran, dass der zur Verfügung stehende Raum laut Norm nur zu 40 bis 60% belegt werden darf.
- Beim Installieren der Kabel dürfen die durch den Kabelhersteller spezifizierten Biegeradien nicht unterschritten werden. Dies gilt ebenso für die Situation nach dem Verlegen der Kabel.
- Um unbeabsichtigte Beschädigungen der Kabel zu vermeiden, sollten die Kabel direkt von den Kabeltrommeln aus in die Kabeltrassen geführt werden. Ein mehrere Meter langes Ablegen auf dem Boden ist zu vermeiden.
- Sorgen Sie für passende Werkzeuge für das Abrollen, Verlegen und/oder Einziehen der Kabel. Für Ecken sollten Umlenkrollen sowie Mitarbeiter vorhanden sein, die sie bedienen können.
- Jegliche mechanische Belastungen und Knicke (wie sie zum Beispiel durch unsachgemässe Befestigung oder das Gewicht überkreuzender Installationskabel hervorgerufen werden können) der Kabelisolationen und Leitern sind zu vermeiden.
- Die Radien der Kabeltrassen sind so zu bemessen, dass der für das Kabel spezifizierte minimale Biegeradius auch bei Richtungswechseln nicht unterschritten wird.
- Rohre oder Kabelkanäle aus Metall müssen ordnungsgemäss verbunden und geerdet sein.
- Bündeln Sie keine Kabel (insbesondere keine U/UTP-Kabel). Lässt sich dies nicht umgehen, halten Sie die Kabelbündel zumindest so klein wie möglich.
- Beim Befestigen verschiedener Typen von Kabeln dürfen keine Kabelbinderpistolen oder ähnliche Werkzeuge verwendet werden. Dies gilt auch für das Anbringen von Kabelbindern für Zugentlastungen von Anschlussmodulen.
- Die Kabel dürfen keinen Druckkräften infolge unsachgemässer Befestigung durch Kabelschnellverleger oder Kabelbinder ausgesetzt sein. Prinzipiell ist zu beachten, dass die Geometrie des Kabelmantels nicht verändert werden darf.
- Nach Abschluss der Arbeiten müssen die betreffenden Kabeltrassen (Doppelböden, Wanddurchführungen usw.) wieder geschlossen werden, um das Eindringen von Schmutz und Beschädigungen zu vermeiden, wodurch die Übertragungseigenschaften der installierten Kabel beeinträchtigt werden könnten.
- Datenkabel reagieren empfindlich auf direkte Hitzeeinwirkung. Daher dürfen in ihrer Nachbarschaft keine Heissluftgebläse oder Gasbrenner für das Anbringen von Schrumpfschläuchen verwendet werden.
- Werden Chemikalien eingesetzt, um das Einziehen der Kabel zu erleichtern, müssen diese unbedingt mit dem Material des Kabelmantels kompatibel sein.
- Dies gilt auch für alle Chemikalien (besonders Sprays), die für andere Kabel verwendet werden, die unbeabsichtigt in Kontakt mit den Datenkabeln kommen können.

Die Liste erhebt jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

5 NACH DER INSTALLATION

5.1 ALLGEMEINES

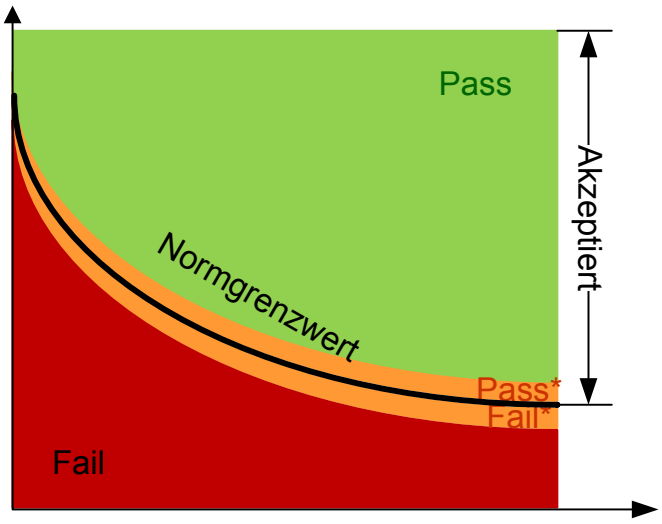
5.1.1 MESSGENAUIGKEIT

Wann ist ein „Pass“ ein „Pass“ und ein „Fail“ ein „Fail“?

Bei der Prüfung von Verkabelungsstrecken im Feld treten immer wieder Fragen bezüglich der Anzeigen auf den Messgeräten und deren Auswertung auf. Der Kunde, meist Installateur, will natürlich nur ein „Pass“ sehen; einem Stern oder einer Warnmeldung steht er misstrauisch gegenüber. Wie sehen also die Fakten aus?

In den Normen EN50173 und ISO/IEC11801 sind nur die erwarteten Werte für die Verkabelung enthalten. Es wird nicht oder nur ansatzweise beschrieben, wie getestet werden soll. Zu diesem Zweck gibt es die IEC61935-1: „Spezifikation für die Prüfung der symmetrischen und koaxialen informationstechnischen Verkabelung - Teil 1: Installierte symmetrische Verkabelung nach der Normenreihe EN50173“. In dieser Norm wird unter anderem die Messgenauigkeit des Prüfgerätes und das Erfassen der Daten beschrieben.

Jedes Messgerät hat eine bestimmte Messgenauigkeit, d.h. der angezeigte Messwert kann um +/- einen bestimmten Betrag falsch sein. Dies ist hier schematisch dargestellt:



Das Messergebnis eines Parameters wird mit einem Stern (*) gekennzeichnet, wenn der Abstand des Messergebnisses zum Grenzwert kleiner ist als die Messgenauigkeit. Beachten Sie dazu die Abbildung.

Das Endergebnis „Pass“ oder „Fail“ wird durch die erforderlichen einzelnen Testresultate bestimmt. Jedes „Fail“ oder „Fail*“ führt zu einem „Fail“ des Endergebnisses, sofern in der Qualitätsvereinbarung nichts anderes festgelegt wurde. Um ein „Pass“ als Endergebnis zu erhalten, müssen alle einzelnen Tests „Pass“ oder „Pass*“ sein.

„*Fail“ oder „Fail“ ist als Endergebnis „Fail“

„*Pass“ oder „Pass“ ist als Endergebnis „Pass“

Es ist dringend zu empfehlen, soweit nach der jeweiligen Norm zulässig, das Permanent Link (PL) zu messen, da dieser Test strenger ist und es ermöglicht, Rangierkabel im System flexibel auszutauschen ohne eine erneute Messung vornehmen zu müssen.

Bei der Messung von Channels legen die Normen fest, dass die bei der Messung eingesetzten Rangierkabel unverändert im System verbleiben müssen. Bei Channel-Messungen kann der Prüfer also nicht mit einem einzigen Satz Rangierkabel arbeiten, das er für alle Messungen verwendet.

Vielmehr müssen in diesem Fall sämtliche Rangierkabel an beiden Enden des gesamten Systems angeschlossen und für die Messungen verwendet werden. Wird ein Rangierkabel ausgetauscht, muss die Verkabelungsstrecke neu gemessen werden.

R&M gestattet innerhalb seines Garantiesystems ausschliesslich R&M*freenet*-Produkte. Bei Channel-Messungen dürfen daher nur Rangierkabel von R&M verwendet werden.

Für R&Mfreenet Garantieanträge werden das Kalibrierungszertifikat für das Messgerät sowie die Verkabelungspläne benötigt.

5.2 KUPFER

5.2.1 R&M ANERKANNTE ZERTIFIZIERUNGSMESSGERÄTE FÜR DIE KLASSEN D/E/E_A

Für R&*Mfreenet* Garantieantrage ist ein gültiges Kalibrationszertifikat des betreffenden Messgerätes erforderlich. (muss in der Regel einmal jährlich erneuert werden). Die Messgeräte FLUKE DTX 1800 und DSX5000 geben das Datum der letzten Kalibrierung auf den Messprotokollen an.

Die hier aufgeführten Messgeräte sind für Zertifizierungsmessungen und das Erstellen einer Original-Messdatei zugelassen. Diese Datei wird für einen Garantieantrag benötigt (siehe „Anhang 1 zum Garantieprogramm“,Kapitel 4.2).

Klasse D Kat. 5e MHz 1 - 100	Klasse E Kat. 6 MHz 1 - 250	Klasse E_A Kat. 6A MHz 1 - 500	
Fluke DSX-5000 Versiv™	Fluke DSX-5000 Versiv™	Fluke DSX-5000 Versiv™	
Fluke DTX 1200 Fluke DTX 1500 Fluke DTX 1800 CableAnalyzer	Fluke DTX 1200 Fluke DTX 1500 Fluke DTX 1800 CableAnalyzer	Fluke DTX 1200 Fluke DTX 1500 Fluke DTX 1800 CableAnalyzer	
LanTEK II	LanTEK II	LanTEK II Mit Kat 6A Adapter 6014 revision P und höher 	
JDSU Certifier 40G	JDSU Certifier 40G	JDSU Certifier 40G Mit PL Rangierkabeln datiert 06/08/12-xx und später	
Psiber WireXpert WX4500 WireXpert WX500	Psiber WireXpert WX4500 WireXpert WX500	Psiber WireXpert WX4500 Mit PL Rangierkabeln datiert 06/08/12-xx und später	
Wire Scope 350	Wire Scope 350		
LanTEK I	LanTEK I		
Wavetek LT 8600	Wavetek LT 8600		

Tabelle 52: Messgeräte für Pass- und Fail-Messungen

Hinweise:

- Klasse E_A und Kat. 6A enthalten unterschiedliche Leistungsanforderungen.
- Dies ist der Stand zum Zeitpunkt der Drucklegung des vorliegenden Dokuments. Die R&M-Website enthält jeweils aktualisierte Angaben: www.rdm.com.
- Für die Garantieanträge muss ein Referenzmessgerät verwendet werden.
- Alle vorkonfektionierten Installationskabel müssen nach der Installation getestet werden. Dies gilt insbesondere in Zusammenhang mit Garantieanträgen.

5.2.1.1 GEEIGNETE TESTGRENZWERTE FÜR DIE KLASSEN D/E/E_A

Fluke-Serie DTX

Permanent Link: Grundsätzlich kann für die Messung einer Installation eine der drei folgenden Normen herangezogen werden.

Permanent Link Klasse D / Kat. 5e	Permanent Link Klasse E / Kat. 6	Permanent Link Klasse E_A / Kat. 6A
ISO 11801 Permanent Link Klasse D EN 50173 Permanent Link Klasse D TIA Kat. 5e Permanent Link	ISO 11801 PL Klasse E EN 50173 PL Klasse E TIA Kat. 6 Permanent Link	ISO 11801 PL 2 Klasse E_A ISO 11801 PL 3 Klasse E_A EN 50173 PL 2 Klasse E_A EN 50173 PL 3 Klasse E_A TIA Kat. 6A Permanent Link
Channel Klasse D / Kat. 5e	Channel Klasse E / Kat. 6	Channel Klasse E_A / Kat. 6A
ISO 11801 Channel Klasse D EN 50173 Channel Klasse D TIA Kat. 5e Channel	ISO 11801 Channel Klasse E EN 50173 Channel Klasse E TIA Kat. 6 Channel	ISO 11801 Channel Klasse E_A EN 50173 Channel Klasse E_A TIA Kat. 6A Channel

Tabelle 53: Normen für Messgeräte

Modul	Kabel	CH Klasse E	PL Klasse E	CH Kat. 6A (TIA)	PL Kat. 6A (TIA)	CH Klasse E_A (ISO)	PL Klasse E_A (ISO)
 Kat 6		**OK**	**OK**	**-**	**-**	**-**	**-**
 Kat 6 REAL10 Geschirmt		**OK**	**OK**	**OK**	**-**	**OK**	**-**
 Kat 6A EL	**mindestens für 500 MHz zugelassene Kabel**	**OK**	**OK**	**OK**	**OK**	**OK**	**OK**
 Kat 6_A ISO		**OK**	**OK**	**OK**	**OK** *****	**OK** *****	**OK** *****

Tabelle 54: Adapter für Messgeräte

***** Beste Performance seiner Klasse

5.2.2 BESCHREIBUNG DER PRÜFSTRECKEN

Im Garantieprogramm sind für Kupferverkabelung die beiden folgenden Prüfanordnungen vorgesehen. Um den Garantiebedingungen für Kupferverkabelungen zu entsprechen, müssen alle künftig im System verwendeten Rangierfelder von R&M stammen.

5.2.2.1 Permanent Link

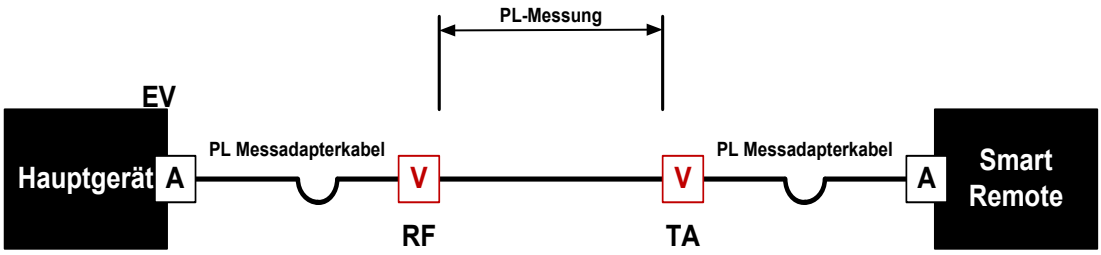


Bild 84: beispielhafte Prüfstrecke für PL

5.2.2.2 Channel

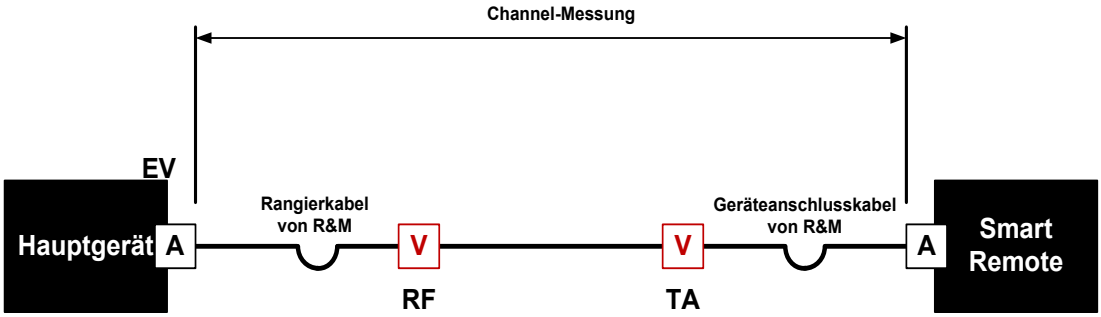


Bild 85: beispielhafte Prüfstrecke für CH

5.2.2.3 Prüfen der Verkabelung mit Sammelpunkt

In der Normen gibt es keine Angabe wie Ein-Stecker-Modell, ein Geräte-Anschlusskabel, ein SP Kabel oder direkt Endgeräte Verbindungen zu messen sind. Um diese Strecken in unserem Garantieprogramm zu integrieren haben wir folgende Messanweisung eingefügt.

Häufig werden SP-Modelle in zwei Schritten verkabelt (1. Rangierfeld zu SP, 2. SP zu Arbeitsplatzdose). Diese beiden Schritte können durchaus von zwei unterschiedlichen Installateuren durchgeführt werden.

Darum ist es bei SP-Installationen empfehlenswert, das fest installierte Kabel zwischen Rangierfeld und SP separat zu messen.

Als Besonderheit dieser Messung muss beachtet werden, dass der Grenzwert der Einfügedämpfung IL entsprechend der installierten Länge reduziert werden muss (IL = IL 90 x L/90).

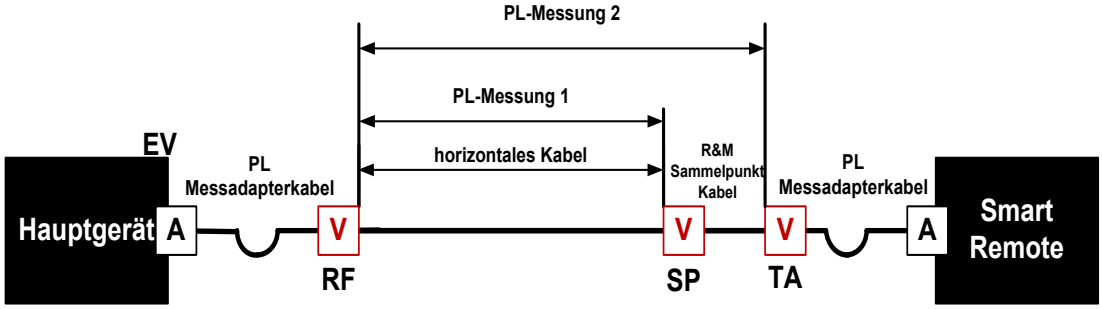


Bild 86: beispielhafte Prüfstrecke für PL mit SP

Im zweiten Schritt wird dann die Übertragungsstrecke mit integriertem SP-Link gemessen. Am Messgerät muss für beide Messungen die Permanent-Link-Einstellung gewählt werden.

Es ist nicht immer möglich nachträglich den Verteilerraum zu betreten um den kompletten Link zu testen. In diesem Fall kann man den SP-Link separat testen. Wenn der Test genehmigt wird, ist der die 3-Stecker Installationsstrecke und die 2-Stecker Installationsstrecke in der Garantie.

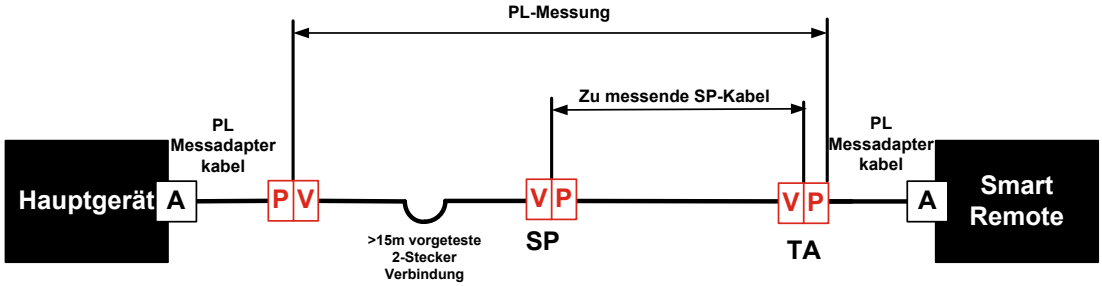


Bild 87: Beispiel Prüfaufbau SP-Link

In dieser Konfiguration ist es wichtig nicht nur das Modul sondern auch den Stecker zu messen. Deswegen ist es notwendig eine 2-Stecker Installationsstrecke zu testen. Dazu muss eine zumindest 15m lange Installationsstrecke mit zwei Modulen an die zu testende SP Strecke angeschlossen werden.

Vorher müssen die Dämpfungsgrenzwerte wie am Anfang des Kapitels beschrieben, angepasst werden.

Für Klasse E_A muss die richtige Norm im Testgerät gewählt werden, z.B. 3PL

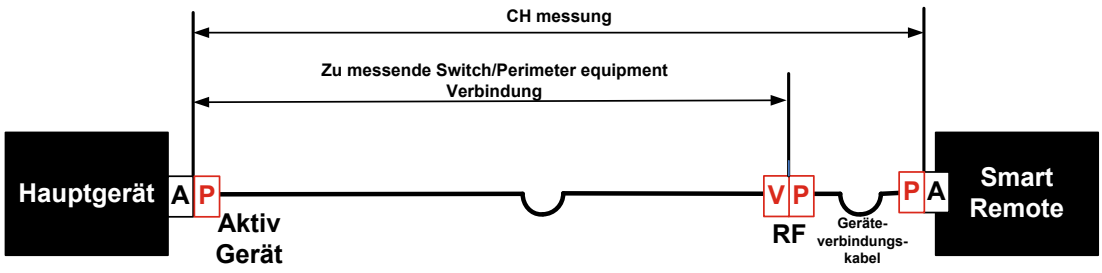


Bild 88: Beispiel Prüfaufbau Switch Link

Für Verbindungskabeln an denen der Stecker direkt mit dem aktiven Gerät verbunden ist, genügt es an die andere Seite ein Rangierkabel in das Modul zu stecken und den Channel Aufbau zu messen

5.2.3 MESSAUSWERTUNGSANALYSE

Untenstehendes Bild zeigt die wichtigsten Parameter.

Ein Fehler im Wire Map entsteht entweder durch einen Kurzschluss oder vertauschte Adern oder Adernpaare

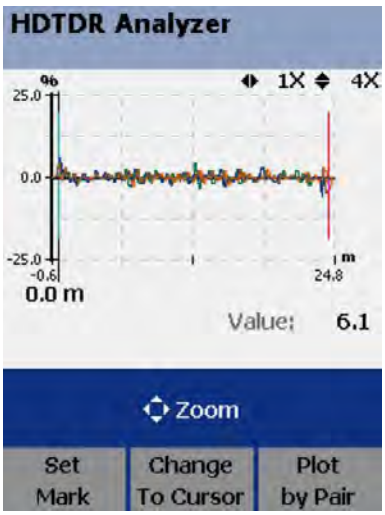
Fehler der Rück-flussdämpfung sind oft ein Indiz auf geänderte Kabelparameter. Ent-weder wurde der mini-male Biegeradius und/oder die maximale Zugkraft nicht eingehal-ten oder das Kabel war der Feuchtigkeit ausge-setzt.

Die Analyse der unten abgebildeten Messkurve zeigt massive Störun-gen die auf zu hohe Zugkräftebei einem zu stark gebogenen Kabel hinweisen.

Ein Fehler der Einfü-gungsdämpfung weisst meistens auf eine Über-schreitung der maxima-len durch die Norm fest-gelegten Streckelänge hin.

NEXT Fehler werden oft durch schlecht montierte Module hervorgerufen.

Im unterstehenden Bei-spiel ist deutlich zu se-hen auf welcher Seite das Modul nicht richtig aufgeschaltet ist.



5.2.4 VORGEHENSWEISE FÜR KUPFER-PRÜFUNGEN

Überprüfer der Vorgehensweise

Unternehmen/Name	Unterschrift	Datum	Anmerkungen
Unternehmen: Name:			
Unternehmen: Name:			
Unternehmen: Name:			

Allgemeine Beschreibung Arbeit

Zweck der dieser Vorgehensweise ist es sicherzustellen, dass die Infrastruktur des Glasfaserdatennetzes anhand der neusten Standards geprüft wird und die Anforderungen des Endanwenders und die Garantieanforderungen von R&M erfüllt werden. Diese Vorgehensweise enthält alle Schritte, die auszuführen sind, sowie Angaben wann, wie und von wem sie auszuführen sind, damit sichergestellt ist, dass die Prüfergebnisse eine zuverlässige Darstellung der Qualität des Netzes liefern. Wird einer dieser Schritte vergessen, kann dies zu ungenauen Messungen und zum Netzausfall oder zu erneuten Messungen führen.

Liste der Kontaktpersonen

Funktion	Name	Kontaktinformationen
Endanwender		Tel.: E-Mail:
Teamleiter		Tel.: E-Mail:
Kontaktperson R&M		Tel.: E-Mail:

Vorgehensweise vor dem OTDR-Prüfprojekt

Projekname	
Teamleiter	

Schritt	Description	Date	Action By	Comments
1	Vervollständigung der Messanleitung mit der Richtigen Mess-norm, Mess-methode und Projekt-Info			
2	Kontrolle: Ist das Messgerät durch R&M akzeptiert und das Kalibrierungsdatum gültig?			
3	Sicherstellung, dass der richtige Mess-Kopf benutzt wird und diese auch i.O. sind. Zur Sicherheit eine Referenz-Messung erstellen incl. Abgleich mit Original-Daten.			
4	Vorbereitung eines Messdaten-Verzeichnisses im Messgerät.			
5	Erstellung der Projekt-Bezeichnung im Messgerät.			
6	Leg ein digitale Folder an für das Projekt Anlage eines Sammel-Verzeichnis zur Aufnahme von Mess-Files, Kalibrierungs-Zertifikat, Gebäudeplan, Materiallisten etc.			

Vorgehensweise für die Prüfung

Ort	Norm	PL/CH	#links	Kabel Typ	NVP	Min Next	Min RL

Schritt	Beschreibung	Datum	Initialen	Datum	Initialen	Datum	Initialen
1	Batterie Level ok						
2	Messnorm						
3	Kabel Typ						
4	Kabel Kategorie						
5	NVP						
6	Messgerät Referenz						
7	korrekte Adapter für die geprüfte Übertragungs-strecke						
8	Messen von Übertra-gungsstrecke						
9	Analysieren Sie die Prüfergebnisse	Anmerkungen zu Übertragungsstrecken, die nicht konform waren.					
10	Speichern						

Beschreibung – Schritt für Schritt

Schritt 1: Ein niedriger Batterieladestand kann sich negativ auf die Prüfergebnisse auswirken. Dieser Einfluss schwankt von Messgerät zu Messgerät. Es empfiehlt sich daher, niedrige Batterieladestände Ihrer Messgeräte zu vermeiden. Machen Sie es sich daher zur Gewohnheit, bei längeren Pausen oder am Ende des Tages Ihr Messgerät aufzuladen.

Schritt 2: Einige Messgeräte bieten die Möglichkeit, Prüfgrenzwerte pro Projekt zu programmieren, sodass es nicht zu Verwirrung kommt, wenn dasselbe Messgerät für verschiedene Projekte verwendet wird. Wenn dies nicht der Fall ist, stellen Sie sicher, dass der richtige Standard und die richtige Übertragungsstreckenkonfiguration gewählt sind. Denken Sie daran, dass es sich bei ISO- und EN-Kanälen um „CLASS"-Messungen und bei TIA um „CAT"-Messungen handelt, aber alle Komponenten eine „CAT"-Klassifizierung haben.

Schritt 3: Wählen Sie den zu prüfenden Kabeltyp aus, d. h. ungeschirmt (U/UTP) oder geschirmt (U/FTP, F/UTP, F/FTP, S/FTP). Wenn Sie sich nicht sicher sind, sehen Sie auf dem Kabelmantel nach. Sofern nicht etwas anderes erforderlich ist, ist es einfacher, den anwendungsneutralen Kabeltyp zu wählen und dann den NVP-Wert des Kabels anzupassen (Schritt 5). Bei geschirmten Kabeln empfiehlt es sich, die Kontinuität der Schirmung zu prüfen.

Schritt 4: Wählen Sie die Kabelkategorie aus. Sie ist auf dem Kabelmantel angegeben.

Schritt 5: Stellen Sie den NVP-Wert ein, der auch auf dem Kabelmantel angegeben ist. Diese Kenngröße ist wichtig, um sicherzustellen, dass die richtige elektrische Kabellänge angezeigt wird, und sie wird zur Fehlersuche benötigt, wenn es Probleme mit der Übertragungsstrecke gibt.

Schritt 6: Um die maximale Genauigkeit der Prüfergebnisse von Kupferkabeln sicherzustellen, sollte dieses Referenzverfahren alle 30 Tage durchgeführt werden. Die meisten Kunden stellen die Referenz täglich ein.

Schritt 7: Stellen Sie sicher, dass der korrekte Adapter für die geprüfte Übertragungsstrecke verwendet wird, d. h. verwenden Sie keine Cat 6-Adapter, um Class-EA-Verbindungen zu testen. Einige Hersteller bieten spezielle PL- und CH-Adapter an. Mischen Sie sie nicht und verwenden Sie keine CH-Adapter zum Messen von Permanent Links.

Schritt 8: Messen Sie die Übertragungsstrecke und achten Sie dabei darauf, dass die Nomenklatur und die Beschriftung den Anforderungen und Standards entsprechen. Überprüfen Sie, ob es keine defekten oder beschädigten Teile gibt.

Schritt 9: Analysieren Sie die Prüfergebnisse und prüfen Sie, ob sie mit den Projektanforderungen und den bekannten Leistungsdaten der Komponenten übereinstimmen. Z.B.: Übertragungsstrecken mit dem R&M*freenet* Cat 6A-Modul sollten einen NEXT-Wert von über 4 dB haben. Geringere Werte lassen auf Probleme mit der Konnektivität schließen. Sehr niedrige RL-Werte könnten ein Hinweis darauf sein, dass es Probleme mit dem Kabel gibt. Wenn es Probleme mit der Übertragungsstrecke gibt, notieren Sie sie und berichten Sie sie an den Teamleiter, damit weitere Korrekturmaßnahmen ergriffen werden können.

Schritt 10: Speichern Sie die guten Testergebnisse mit der korrekten Nomenklatur im richtigen Ordner.

Vorgehen nach dem Test

Schritt	Beschreibung	Datum	Visum
1	Sammeln Sie alle Testergebnisse im digitalen Ordner des Projekts. Teilen Sie die Testdateien auf nach getestetem Standard und Kabeltyp. Fügen Sie gegebenenfalls den Referenzmessungsbericht bei.		
2	Fügen Sie die Testergebnisse dem Projektabnahmebericht bei.		
3	Komprimieren Sie den Ordner und fügen Sie ihn dem Online-Antragsformular bei, wenn Sie auf der [R&M Warranty Webpage] eine R&M-Garantie beantragen.		
4	Projekt abgeschlossen		

5.3 LICHTWELLENLEITER

5.3.1 ANERKANNTE ZERTIFIZIERUNGSMESSGERÄTE FÜR LWL

R&M akzeptiert alle für die Messung an LWL-Verkabelungen geeigneten Messgeräte, sowohl LSPM (Light Source Power Meter) als auch OTDR (Optical Time Domain Reflectometer). Es gibt keine Einschränkungen hinsichtlich Hersteller oder Modell.

Für die Ergebnismessung empfiehlt R&M jedoch ein LSPM, da dieses genauere Ergebnisse liefert und die Messung in der Regel schneller durchgeführt werden kann. Wir empfehlen Messgeräte, in denen sich die Messergebnisse speichern lassen. Die Ergebnisse können dann einfacher verwaltet und im Fall eines Garantieantrags elektronisch übermittelt werden.

Alle für Prüfungen verwendeten Messgeräte müssen anhand der dokumentierten Verfahren des Messgeräteherstellers kalibriert werden. In der Regel erfolgt die Kalibrierung einmal jährlich. Der Nachweis der Kalibrierung muss beigefügt werden, wenn ein Garantieantrag gestellt wird.

5.3.2 KONFIGURATIONEN VON ÜBERTRAGUNGSSTRECKEN

Im Garantieprogramm sind für Kupferverkabelungen die beiden folgenden Prüfanordnungen vorgesehen. Um den Garantiebedingungen für Kupferverkabelungen zu entsprechen, müssen alle künftig im System verwendeten Rangierfelder von R&M stammen.

Die allgemeinen Anforderungen sowie die Kanaldämpfung gemäß den aktuellen Versionen von TIA/EIA 586-C, EN 50173 und ISO/IEC 14763-3 (ersetzt ISO/IEC 11801) finden Sie unter Punkt 3.3.1.

5.3.2.1 Permanent Link

Die Permanent-Link-Messung ermöglicht Ihnen, die installierte LWL-Verkabelung ohne die Geräteverbindungskabel zu messen. Diese Prüfmethode ist vergleichbar mit der Prüfanordnung zum Prüfen von PL bei Kupferverkabelung. Das Maß der akzeptablen Sicherheit des Prüfsystems ist auf seinen Referenzebenen definiert, um zufällige Schwankungen durch Verbindungsstellen zu berücksichtigen. Bei der Permanent-Link-Konfiguration werden die Stecker der Prüfkabel in die Messungen aufgenommen. In Bild 89 sind einige Beispiele von Übertragungsstrecken dargestellt, deren Anschlüsse in die Prüfung mit aufgenommen sind.

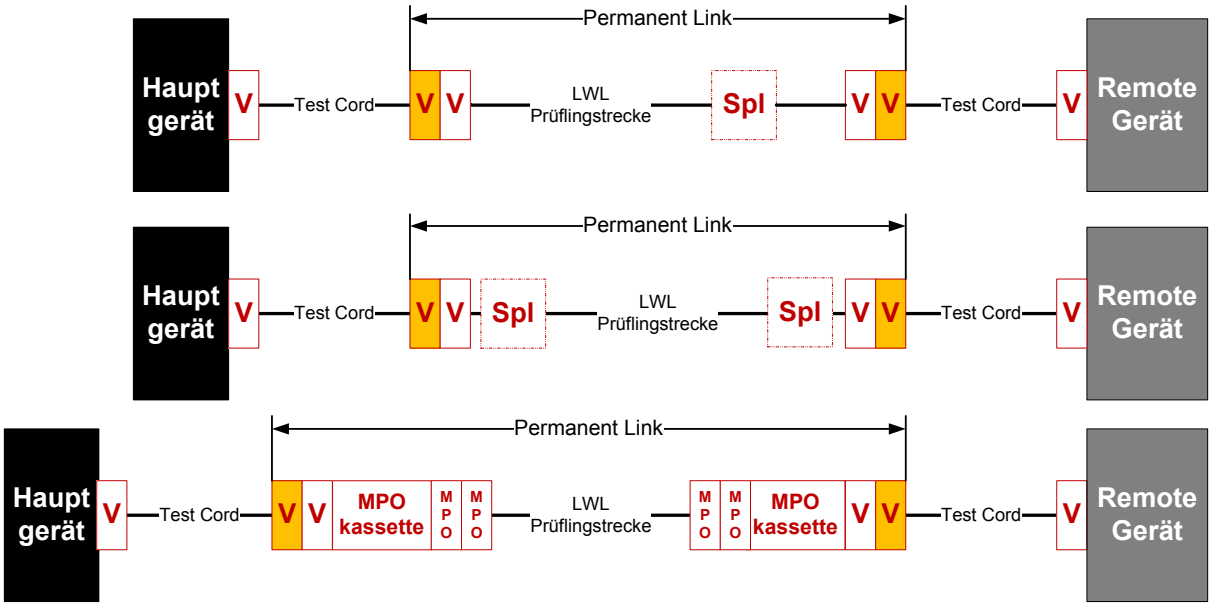


Bild 89: beispielhafte Prüfstrecke für LWL PL

5.3.2.2 Channel (Kanal)

Bei der Channel-Messung werden auch die an die LWL-Verkabelung angeschlossenen Geräteverbindungskabel geprüft. Das bedeutet, dass die Geräteverbindungskabel nach der Abnahmeprüfung angeschlossen bleiben müssen. Hier umfassen die Referenzebenen die Geräteverbindungskabel, aber nicht die an die Prüfkabelkabel angeschlossenen Stecker, da diese an das Gerät angeschlossen werden. In Bild 90 ist dasselbe Beispiel dargestellt wie beim PL, aber mit Channel-Messung.

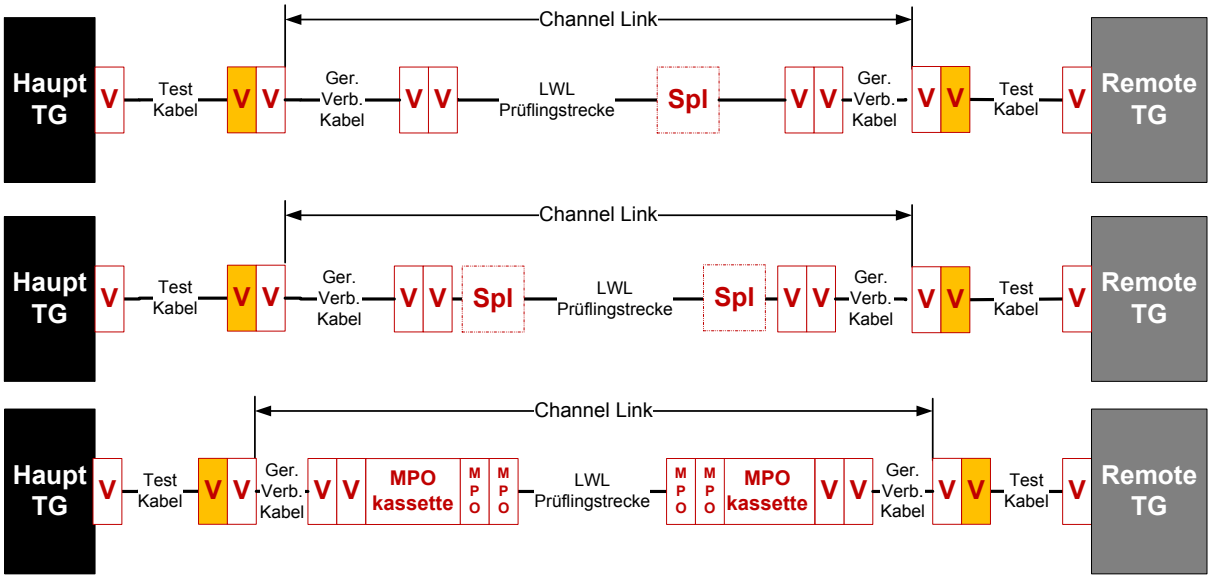


Bild 90: beispielhafte Prüfstrecke für LWL CH

5.3.3 LWL-PRÜFBEDINGUNGEN

Um zuverlässige und wiederholbare Messergebnisse von LWL-Verkabelungen und ihren Komponenten zu erhalten, ist die Verwendung eines guten Prüfsystems, guter Adapter und Referenzstecker von großer Bedeutung.

5.3.3.1 Prüfen, Reinigen und Anschließen (Inspect, Clean and Connect, ICC)

Jede Verunreinigung an den Endflächen, sei es an der zu prüfenden Übertragungsstrecke oder an den Prüfkabeln, liefert irreführende Ergebnisse. Zudem besteht die Gefahr, dass die Gerätestecker beim Prüfverfahren irreparabel beschädigt werden.

Die Endflächen der Stecker der Prüfkabel müssen überprüft und gegebenenfalls gemäß Punkt 4.3.5 gereinigt werden, das bedeutet nicht nur die zu prüfenden Stecker, sondern auch die Referenzstecker der Prüfkabel.

Sollte ein Gerätestecker beschädigt sein, muss er ersetzt werden. Für Prüfkabel bedeutet das, dass das Kabel entweder komplett ersetzt wird oder zum Anbringen eines neuen Referenzsteckers an den Hersteller zurückgeschickt wird.

5.3.3.2 Anregungsbedingungen

Die Modenverteilung bei der Anregung muss bei LSPM und bei OTDR die optischen Eigenschaften berücksichtigen, für die die LWL-Verkabelung installiert ist. Wenn das Messgerät dies nicht bietet, müssen die Kabel mit einem geeigneten Gerät zur Modensteuerung ausgerüstet werden.

Bei LSPM-Messungen bedeutet das, dass als Lichtquelle für MMF-Messungen LED und für SMF-Messungen Fabry-Pérot-Laser verwendet werden. VSCL kommt als Lichtquelle nicht in Frage.

Die Kennlinie der Messwellen muss IEC 61280-1-3 entsprechen. Möglicherweise werden für SMF 2 Spulen oder Mandrel Wraps von 35 bis 50 mm benötigt. Klären Sie dies bitte mit dem Lieferanten Ihres Messgeräts.

Die bevorzugten Anregungsbedingungen bei MMF bietet die Encircled-Flux-Methode. R&M akzeptiert jedoch bis Ende 2015 auch Garantieanträge, für die die LWL-Messungen mit Mandrel Wraps durchgeführt wurden.

Encircled-Flux

Diese Messung reproduziert Ausleuchtungen, die der „tatsächlichen modalen Umgebung“ eines VCSEL-Transceivers sehr nahe kommen. Das VCSEL-Signal wird von zukünftigen Anwendungen mit 10G, 40G und 100G über MMF verwendet.

Unter diesen Messbedingungen liefern die Lichtquelle und die Modensteuerung im Prüfkabel einen Output am Ende des Prüfkabels, der EIC 62614 und 61280-4-1 entspricht.

Mandrel Wraps (Modenfilter)

Um mit Modenfiltern (so genannten Mandrel Wraps) messen zu können, benötigen Sie Referenz-Rangierkabel ohne biegeoptimierte/biegungsunempfindliche Fasern.

Faserkern-grösse	Modenfilter-Durchmesser	
	Vollader (mm)	*3 mm ummantelte Faser (mm)*
50:125 µm	25	22
62,5:125 µm	20	17
9:125 µm	2 Spulen/Filter von 35-50 mm	

Tabelle55: Modenfilter-Durchmesser

5.3.3.3 Prüfkabel und Adapter

Die Komponenten der verwendeten Prüfkabel und Adapter müssen dieselben oder bessere Leistungsdaten aufweisen als die der zu prüfenden Übertragungsstrecke.

Die Stecker der Prüfkabel, die an die zu prüfende Verkabelung angeschlossen werden, müssen Referenzstecker gemäß den Spezifikationen in ISO 14763-3:2014 sein. In Tabelle 57 ist die maximal zulässige Dämpfung bei zwei in einem Referenzadapter zusammengesteckten Referenzsteckern aufgeführt.

Steckertyp	**Zylindrische Steckerform**		**Rechteckige Steckerform**	
Mode	MMF	SMF	MMF	SMF
Einfügedämpfung in dB	≤ 0,10	≤ 0,20	≤ 0,10	≤ 0,20
Rückflussdämpfung (Return Loss) in dB	≥ 35	≥ 45(PC), ≥ 60(APC)	≥ 35	≥ 45(PC), ≥ 60(APC)

Tabelle 56: Dämpfungsbudet von Referenz-Referenz-Anschlüssen

Die verwendeten Prüfkabel müssen die selben nominellen Fasereigenschaften (Kern/Mode, Feld/Manteldurchmesser und numerische Apertur) haben wie die zu prüfende Verkabelung.

Die Prüfkabel für LSPM-Messungen dürfen nicht kürzer als 2 m sein, aber auch nicht zu lang, damit die Dämpfung der Kabel keinen signifikanten Einfluss auf die Messung hat. Wir empfehlen Längen zwischen 2 m und 3 m.

Die Prüfkabel für OTDR-Messungen dürfen nicht kürzer als 150 m sein, müssen aber lang genug sein, um eine eindeutig sichtbare Messkurve vor und nach der zu messenden Strecke abzubilden.

5.3.3.4 Wie gehe ich mit der bei Referenzsteckern gemessenen Dämpfung um?

Die Dämpfung der Übertragungsstrecke (Verlust der optischen Leistung) muss für jede Kabelstrecke berechnet werden. Die Messungen bei Kupferkabel sind einfacher, da der Grenzwert unabhängig von der Länge immer gleich ist.

Das Dämpfungsverlustbudget für die Messung unterscheidet sich von dem der Berechnung unter Punkt 5.3.1.4, da Sie zufällige Stecker mit Referenzsteckern verbinden.

Verbindungs-dämpfung	**MMF**		**SMF**	
	Zufällig gesteckt	**An Referenz-stecker gesteckt**	**Zufällig gesteckt**	**An Referenz-stecker gesteckt**
Grade Am und Bma	IL-Mittelw. ≤ 0,15 dB IL > 95% ≤ 0,25dB	≤ 0,30 dB		
Grade M	IL-Mittelw. ≤ 0,35 dB IL > 95% ≤ 0,50 dB	≤ 0,50 dB		
Grade A und Ba			IL-Mittelw. ≤ 0,12 dB IL > 97% ≤ 0,25 dB	≤ 0,50 dB
Grade C und D			IL-Mittelw. ≤ 0,30 dB IL > 97% ≤ 0,50 dB	≤ 0,65 dB
Anwendungsneutral	IL 100% ≤ 0,75 dB		IL 100% ≤ 0,75 dB	

Tabelle 57: Dämpfungsbudet von Referenz-Zufalls-Anschlüssen

Bei Übertragungsstrecken, an denen Channel-Messungen durchgeführt werden, gibt es keinen Unterschied zu den unter Punkt 3.3.1.4gemäß ISO 11801, EN 50173 und TIA 568 oder unter Punkt 5.3.3.3 verwendeten Berechnungen, wenn Stecker der Qualität R&M*freenet* verwendet werden.

Bei Übertragungsstrecken, auf denen Permanent-Link-Messungen durchgeführt werden, müssen Sie für die Verbindungen an den äußersten Enden der zu prüfenden Verkabelung die Werte unter "An Referenzstecker gesteckt" in Tabelle 57 verwenden.

Der Dämpfungsverlust lässt sich mit folgender Formel berechnen:

(2 x “An Referenzstecker ATT”) + ∑ (Kabel ATT) + ∑ (eingebettete Verbindung ATT)

5.3.3.5 Beispielberechnung:

Angenommen, eine 100 m lange MMF-Übertragungsstrecke hat zwei Pigtail-Anschlüsse, Grade Bm, dann würde der Grenzwert für die Dämpfung folgendermaßen berechnet:

Permanent Link:

bei 850 nm = 2 x 0,3 + 0,1 x 3,5 + 2 x 0,3 = 1,55 dB

bei 1300 nm = 2 x 0,3 + 0,1 x 1,5 + 2 x 0,3 = 1,35 dB

Eine SMF-Verkabelungsstruktur einer einseitigen OS2-Preterm-Übertragungsstrecke Grade B von 500 m mit einem Pigtail Grade B wird eine maximale Dämpfung haben von: bei 1310 nm / 1550 nm = 2 x 0,5 + 0,5 x 0,4 + 1 x 0,3 = 1,5 dB

5.3.4 OTDR-PRÜFUNG

5.3.4.1 Messrichtung

Multimode-und Singlemodefaser-Übertragungstrecken müssen bidirektional gemessen werden, da es möglicherweise Unterschiede bei den Kerndurchmessern der Prüfkabel und der installierten Verkabelung gibt. Der Unterschied der Kerndurchmesser kann zu optimistischen Ergebnissen auf der einen und zu negativen Ergebnissen auf der anderen Seite führen, sodass es nicht möglich ist, den tatsächlichen Verlust eines Ereignisses zu ermitteln.

Wenn unidirektionale Messungen durchgeführt werden und R&M feststellt, dass die oben aufgeführten Bedingungen nicht erfüllt sind, müssen die Glasfaser-Übertragungsstrecken noch einmal bidirektional gemessen werden, um Garantie auf sie zu erhalten.

5.3.4.2 Loopmessung

Einzelne Loopmessungen sind unter denselben Bedingungen wie unter Punkt 5.3.4.1(min. 150 m) zulässig, wobei die Schleife an beiden Enden Referenzstecker haben muss. Das bedeutet, dass Sie eine Duplex-Übertragungsstrecke gleichzeitig prüfen können; mehrere Schleifen sind für Garantieanträge nicht zulässig. Es ist jedoch unbedingt zu beachten, dass Loopmessungen keine Gewähr für die Polarität der installierten Verkabelung geben und dass deren Überprüfung separat vorgenommen werden muss.

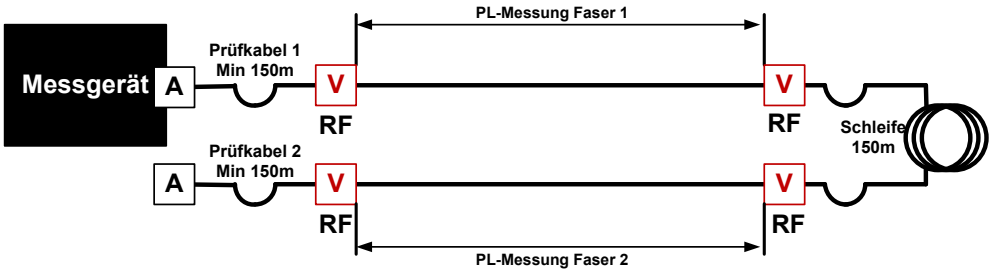


Bild 91: OTDR-Loopmessung E zu O

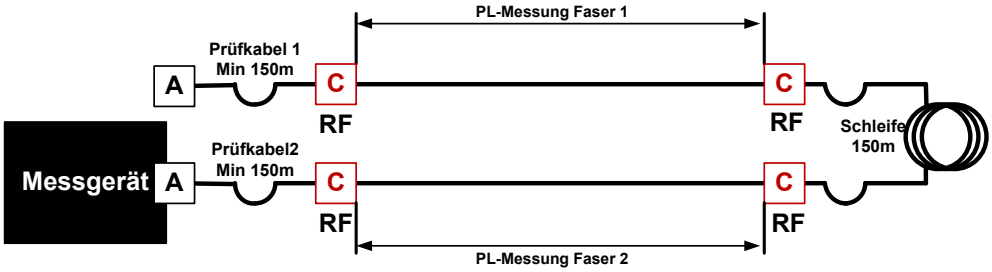


Bild 92: OTDR-Loopmessung O zu E

5.3.4.3 Wellenlänge

Jede Übertragungsstrecke **MUSS** in den oberen und unteren Frequenzfenstern geprüft werden, d. h. MMF bei 850 nm und 1300 nm und SMF bei 1310 nm und 1550 nm. Möglicherweise benötigt der Endkunde Prüfungen weiterer Wellenlängen.

5.3.4.4 Einstellungen

Bereich

Der Bereich ist so einzustellen, dass er mindestens alle Prüfkabel und die gesamte zu prüfende Verkabelung abdeckt, d. h. wenn Sie 2 Prüfkabel von 500 m haben und die längste zu prüfende Übertragungsstrecke 350 m lang ist, muss der Bereich mindestens 1350 m sein.

Dynamischer Bereich

Der dynamische Bereich bestimmt die maximale zu beobachtende Länge einer Faser und ist eine OTDR-spezifische Kenngröße. Es handelt sich um eine Extrapolation der Rückstreumesskurve im Vergleich zum Störpegel; je besser das SNR, desto besser die Erkennung von Messkurve und Ereignis. Wenn Sie Fasern mit hoher Dämpfung prüfen müssen, sei es aufgrund der Länge oder der Menge der Ereignisse, empfiehlt es sich, mit dem Messgerätehersteller zu klären, ob das Gerät geeignet ist.

Für Garantieanträge ist es wichtig, dass die Messkurve und die Ereignisse sauber und gut erkennbar sind. Für Garantieanträge müssen sie > 20 dB sein.

Pulsbreite

Die Pulsbreite gibt einen Hinweis darauf, wie viel Leistung in die Faser geschickt wird; je größer die Pulsbreite, desto mehr Leistung wird übertragen. Eine große Pulsbreite ermöglicht Ihnen, weiter in das Kabel vorzudringen, bedeutet aber auch, dass die Breite der Reflexionen größer wird. Eine breitere Reflexion versteckt auch in stärkerem Maße das Rückstreusignal, d.h. sie vergrößert die Ereignis- und Dämpfungstotzone.

Für R&M*freenet*-Garantieanträge muss sie kleiner als 20 ns sein.

Durchschnittliche Zeit

Diese Funktion legt die Zeit fest, die benötigt wird, um die Übertragungsstrecke zu prüfen; je länger die Zeit, desto besser das SNR und die Charakterisierung der Messkurve. Die gewählte Zeit sollte eine gute Analyse der zu prüfenden Verkabelung ermöglichen. Diese Zeit hängt von der Ausrüstung ab, aber die allgemein akzeptable Zeit beträgt 20 Sek.

Brechungsindex für R&M*freenet* LWL-Kabel

Brechungsindex	850 nm	1 300 nm	1310 nm	1 550 nm	1 625 nm
OM3/OM4	1,482	1,477			
OS1/OS2			1,467	1,467	1,468

Tabelle 58: Brechungsindex des LWL-Kabels

5.3.4.5 Prüfung der Prüfkabel

Um die Bedingungen für die Glasfaserprüfung einzuhalten, müssen Sie überprüfen, ob die von Ihnen verwendeten Prüfkabel, den unter Punkt 5.3.3.3 aufgeführten Spezifikationen entsprechen. Diese Überprüfung muss zu Beginn jeder Prüfsequenz durchgeführt **und dokumentiert** werden.

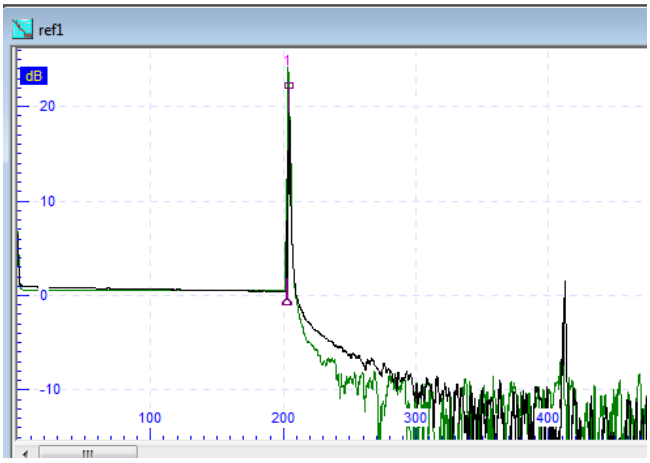


Bild 93: Prüfkabel 1

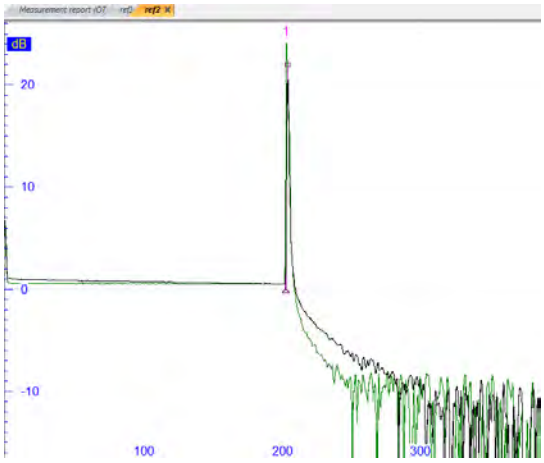


Bild 94: Prüfkabel 2

Bild 95: Prüfkabel 1&2 Referenzstecker Überprüfung

Die Dämpfung muss **für MMF kleiner als 0,1 dB und für SMF kleiner als 0,2 dB** sein. Speichern Sie den gemessenen Wert und fügen Sie ihn der Prüfdokumentation für den Garantieantrag bei. Wiederholen Sie diesen Schritt nach jeder Referenzmessung oder wenn Sie feststellen, dass die Messergebnisse schlechter werden.

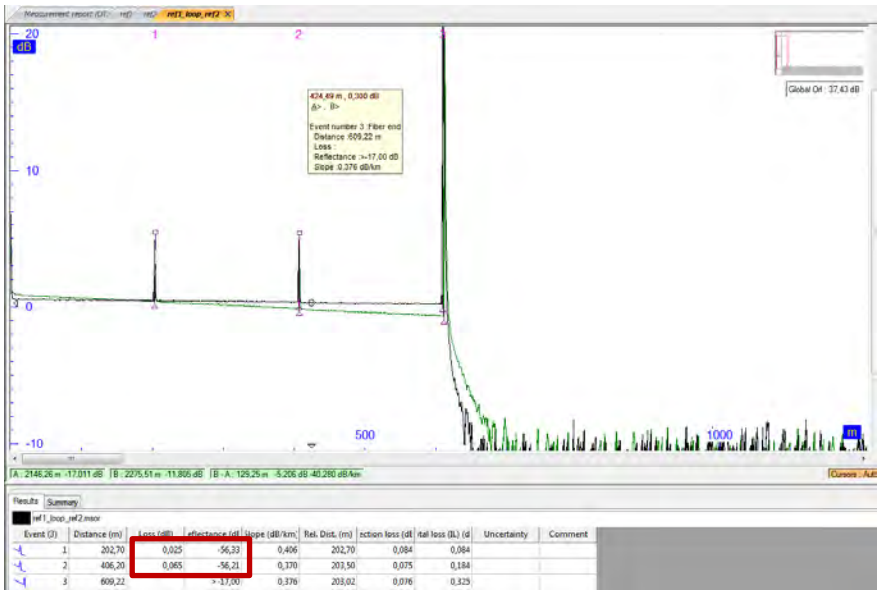

20
dB
10
0
-10
500
1000
m
Global Of : 37,43 dB
Event number 3 :Fiber end
Distance :609,22 m
Loss :
Reflectance :>-17,00 dB
Slope :0,376 dB/km
Results
Summary
Event (J) | Distance (m) | Loss (dB) | eflectance [dB | Slope (dB/km) | Rel. Dist. (m) | ection loss (dB | tal loss (IL) (d | Uncertainty | Comment
1 | 202,70 | 0,025 | -56,33 | 0,406 | 202,70 | 0,084 | 0,084
2 | 406,20 | 0,065 | -56,21 | 0,370 | 203,50 | 0,075 | 0,184
3 | 609,22 | | > -17,00 | 0,376 | 203,02 | 0,076 | 0,325

Bild 96: Prüfkabel 1,2 und Schleife referenz Stecker Überprüfung

Beim Prüfen von Übertragungsstrecken mit APC-Steckern, ist es schwierig, den Anfang und das Ende der Prüfkabel und der zu prüfenden Übertragungsstrecken zu ermitteln. Deshalb verlangen wir auch den einzelnen Verlauf jedes Prüfkabels, das in dem Garantieantrag verwendet wird. Sie müssen also die Messkurve des ersten Prüfkabels, des zweiten Prüfkabels und des Loopprüfkabels (sofern verwendet) der Dokumentation des Antrags beifügen.

5.3.4.6 Analyse der Messergebnisse

Wenn Sie die Bedingungen für die Prüfung von Glasfaserübertragungsstrecken erfüllt haben, müssen Sie unbedingt die Ergebnisse analysieren, was umso mehr gilt, wenn ein OTDR verwendet wurde, da Sie alle Elemente der Übertragungsstrecke sehen können. Es gibt 5 bedeutende Elemente, die Sie sich bei der Analyse der OTDR-Messkurve ansehen müssen; und wenn Sie die folgenden Schritte ausführen, können Sie sich eine Fehlersuche ersparen, wenn sie nicht erforderlich ist. Die folgende Prüfsequenz basiert auf bewährten Praktiken und der Wahrscheinlichkeit der verbreitetsten Fehler.

1. Länge
   Überprüfen Sie, ob der Länge der Verlauf mit der kombinierten Länge der Prüfkabeln und der zu prüfenden Übertragungsstrecke übereinstimmt. Dies kann bereits erfolgen, während die Prüfung läuft, und wenn die Länge der Messkurve kürzer ist, wissen Sie bereits, dass die Übertragungsstrecke unterbrochen und fehlerhaft ist. Wenn Sie beispielsweise eine zu prüfende Übertragungsstrecke von 150 m haben und 2 Prüfkabel von 150 m verwenden, muss Ihre Messkurve etwa 450 m sein. Ist Ihre Messkurve nur 300 m lang, wissen Sie, dass es ein Problem auf der entfernten Seite gibt, dass nämlich entweder die Polarität falsch ist oder ein Problem mit Stecker/Spleißung vorliegt. Wenn in diesem Stadium ein Problem vorliegt, können Sie die Prüfung bereits abbrechen und das Problem lösen. Es gibt keinen Grund, mit der Durchführung der gesamten Prüfung Zeit zu verlieren.
2. Profil
   In der Regel wünschen Sie sich einen Verlauf ohne hohe Spitzenwerte. Je höher der Spitzenwert, desto schlechter ist die Rückflussdämpfung des Ereignisses, insbesondere beim Prüfen einer Übertragungsstrecke mit APC-Steckern. Zudem kann diese Analyse erfolgen, während die Prüfung läuft. Wenn Sie einen ungewöhnlich hohen Spitzenwert erkennen, wo sich eine Spleißverbindung befindet, muss die Spleißung erneuert werden. Wenn ein Adapter einen hohen Spitzenwert aufweist, deutet dies entweder auf einen verschmutzten Stecker hin, was meistens der Fall ist, oder auf einen beschädigten Stecker/Adapter. Auch in diesem Fall können Sie die Prüfung hier bereits abbrechen, wenn es ein Problem gibt.
3. Anzahl von Ereignissen
   Wenn die Prüfung abgeschlossen ist, können Sie sich die einzelnen Ereignisse ansehen. Zunächst einmal muss die Anzahl der Ereignisse der Anzahl der Elemente der zu prüfenden Übertragungsstrecke entsprechen, d.h. der Menge von Adaptern, Spleißungen (Pigtail-Spleißungen sind oft nicht erkennbar, da sie in die Dämpfungstotzone des Messgeräts fallen). Wenn Sie beispielsweise eine Übertragungsstrecke mit Pigtails an beiden Enden haben und 3 Ereignisse feststellen, von denen eines eine Dämpfung in der Mitte der Übertragungsstrecke ist, dann haben Sie ein Problem.

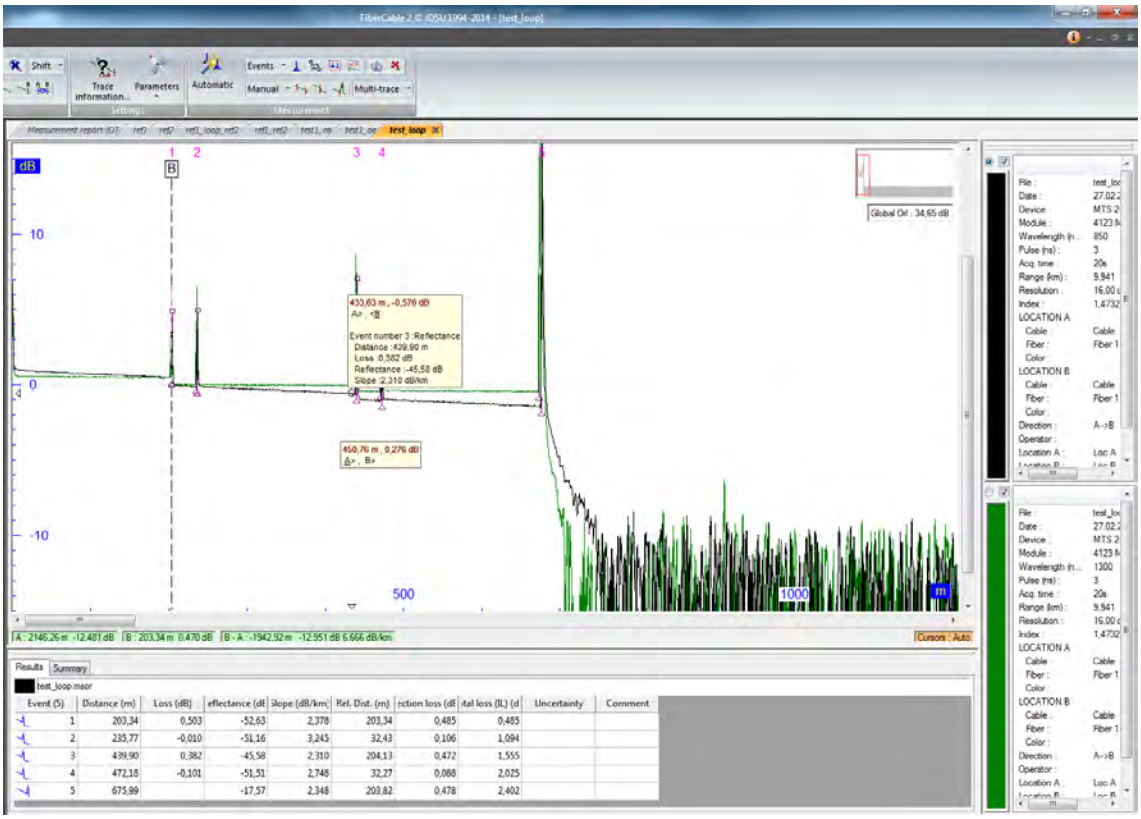


Bild 97: Loop Messung aus einer Richtung

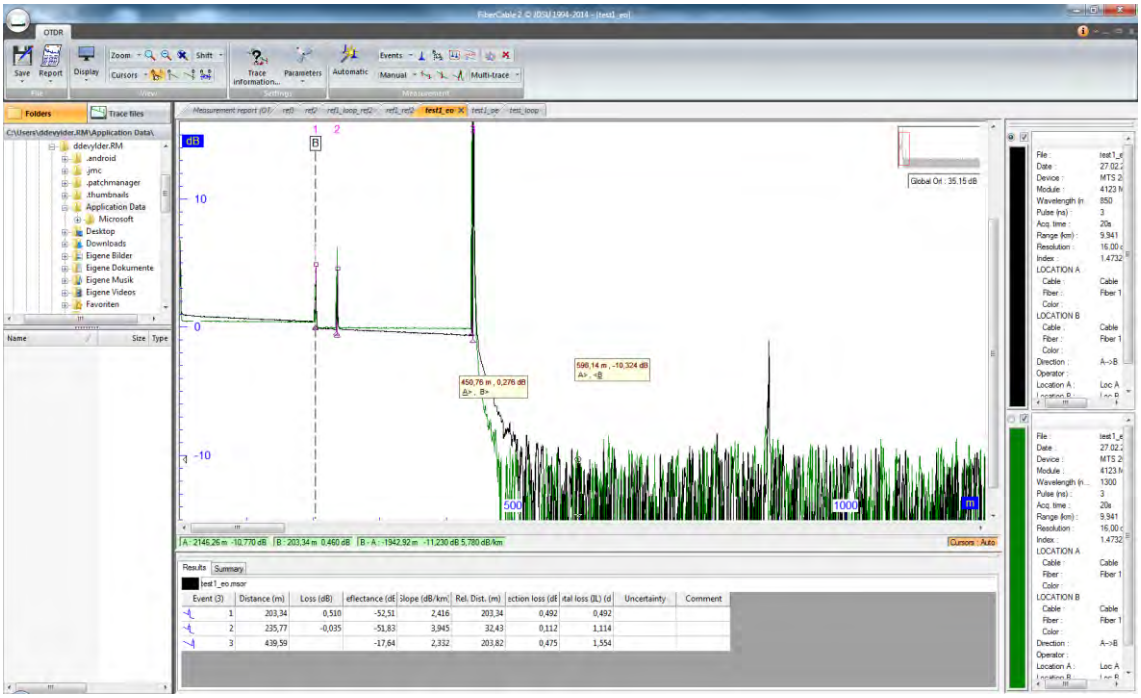


Bild 98: MMF Messung E to O

Bild 99: MMF Messungt O to E

4. Ereignissignatur
   Vergewissern Sie sich, dass jeder Ereignisparameter denen entspricht, die im Datenblatt des Herstellers angegeben sind. Denken Sie daran, den Durchschnitt zu bilden, wenn Sie bidirektionale Messungen durchführen. Sie sind für alle SMF-Übertragungsstrecken und alle MMF-Übertragungsstrecken obligatorisch, wenn Prüfkabel verwendet werden, die andere Eigenschaften haben als die zu prüfende Übertragungsstrecke. (Kapitel 5.3.4.1)

R&M*freenet*-Steckerdämpfung (dB)					
Spleiss	**IL-Mittelw.**	**IL 97%**	**99,75% 2 Stecker**	**99,99% 4 Stecker**	**98,43% 6 Stecker**
	0,10	0,20	0,40	0,80	0,60
Single-Mode	**IL-Mittelw.**	**IL > 97%**	**99,75% 2 Stecker**	**99,99% 4 Stecker**	**98,43% 6 Stecker**
Stecker Grade A	≤ 0,07	≤ 0,15	≤ 0,30	≤ 0,60	≤ 0,60
Stecker Grade B	≤ 0,12	≤ 0,25	≤ 0,50	≤ 1,00	≤ 0,72
Stecker Grade C	≤ 0,25	≤ 0,50	≤ 1,00	≤ 2,00	≤ 1,50
Stecker Grade D	≤ 0,50	≤ 1,00	≤ 2,00	≤ 4,00	≤ 3,00
Multi-Mode	**IL-Mittelw.**	**IL 100%**	**100% 2 Stecker**	**100% 4 Stecker**	**98,43% 6 Stecker**
Stecker Grade Am	≤ 0,10	≤ 0,25	≤ 0,50	≤ 1,00	≤ 0,60
Stecker Grade Bm	≤ 0,15	≤ 0,50	≤ 1,00	≤ 2,00	≤ 0,90
Stecker Grade M	≤ 0,35	≤ 0,75	≤ 1,50	≤ 3,00	≤ 2,10
FO-Field[a]	**IL-Mittelw.**	**IL > 95%**	**97,75% 2 Stecker**	**98,43% 4 Stecker**	**98,43% 6 Stecker**
Stecker Grade $Bm_f/3$	≤ 0,20	≤ 0,50	≤ 1,00	≤ 2,00	≤ 1,20
Stecker Grade $C_f/2$	≤ 0,20	≤ 0,50	≤ 1,00	≤ 2,00	≤ 1,20
Stecker Grade $C_f/1$	≤ 0,20	≤ 0,50	≤ 1,00	≤ 2,00	≤ 1,20
MPO/MTP™	**IL-Mittelw.**	**IL 100%**	**100% 2 Stecker**	**100% 4 Stecker**	**98,43% 6 Stecker**
Multi-Mode	≤ 0,10	≤ 0,35	≤ 0,70	≤ 1,40	≤ 0,60
Single-Mode	≤ 0,25	≤ 0,40	≤ 0,80	≤ 1,60	≤ 1,50

Tabelle 59: R&Mfreenet-Steckerdämpfung

5. Kabel
   Das letzte zu überprüfende Element ist die Kabeldämpfung; dies ist bei kurzen Übertragungsstrecken mitunter nicht immer möglich. Wenn die Übertragungsstrecke zu kurz ist, um einen vertrauenswürdigen Wert der Kabeldämpfung zu erhalten, können Sie sich immer noch auf die gesamte Dämpfung der Übertragungsstrecke beziehen, um zu ermitteln, ob sie in Ordnung ist. Bei SMF-Übertragungsstrecken machen sich erhöhte Dämpfungen von Makro- und Mikrobiegungen bei 1550 nm und 1625 nm im Gegensatz zu 1310 nm sofort in der Messkurve bemerkbar.

5.3.4.7 Vorgehensweise für OTDR-Prüfungen

Überprüfer der Vorgehensweise

Unternehmen/Name	Unterschrift	Datum	Anmerkungen
Unternehmen: Name:			
Unternehmen: Name:			
Unternehmen: Name:			

Allgemeine Beschreibung Arbeit

Zweck dieser Vorgehensweise ist es, sicherzustellen, dass die Infrastruktur des Glasfaserdatennetzes anhand der neusten Standards geprüft wird und die Anforderungen des Endanwenders und die Garantieanforderungen von R&M erfüllt werden. Diese Vorgehensweise enthält alle Schritte, die auszuführen sind, sowie Angaben wann, wie und von wem sie auszuführen sind, damit sichergestellt ist, dass die Prüfergebnisse eine zuverlässige Darstellung der Qualität des Netzes liefern. Wird einer dieser Schritte vergessen, kann dies zu ungenauen Messungen und zum Netzausfall oder zu erneuten Messungen führen.

Liste der Kontaktpersonen

Funktion	Name	Kontaktinformationen
Endanwender		Tel.: E-Mail:
Teamleiter		Tel.: E-Mail:
Kontaktperson R&M		Tel.: E-Mail:

Vorgehensweise vor dem OTDR-Prüfprojekt

Projektname	
Teamleiter	

Schritt	Beschreibung	Datum	Ausgeführt von	Anmerkungen
1	Setzen Sie die Vorgehensweise nach dem korrekten Standard, dem korrekten Prüfverfahren und anhand der korrekten Informationen für das Projekt um.			
2	Kontrolle: Ist das Messgerät durch R&M akzeptiert und das Kalibrierungsdatum gültig? Die meisten Messgeräte müssen jährlich kalibriert werden.			
3	Überprüfen Sie, ob die zu verwendenden Kabel die Bedingungen der zu überprüfenden Übertragungsstrecke erfüllen, d.h. Fasereigenschaften, Länge, Referenzstecker und Steckertyp.			
4	Erstellung der Projekt-Bezeichnung im Messgerät.			
5	Vorbereitung eines Messdaten-Verzeichnisses im Messgerät.			
6	Anlage eines Sammel-Verzeichnis zur Aufnahme von Mess-Files, Kalibrierungs-Zertifikat, Gebäudeplan, Materiallisten etc.			

Vorgehensweise für die Prüfung

Ort	Gegenüber Referenz-steckerdämpfung	Min. RL	Anz. Üb.str.	Kabel Typ	Brechungs-index	Übertragungs-strecke Konfig.

Schritt	Beschreibung	Datum	Initialen	Datum	Initialen	Datum	Initialen
1	Ist der Batterieladestand in Ordnung?						
2	Einstellen der Bereichsentfernung.						
3	Einstellen der Pulsbreite.						
4	Einstellen der durchschn. Prüfzeit.						
5	Einstellen des Brechungsindex.						
6	Prüfen der Prüfkabel.						
7	Speichern der Prüfkabelprüfungsergebnisse.						
8	Messen der zu prüfenden Übertragungsstrecke.						
9	Prüfen, ob die Übertragungsstrecke innerhalb der oben aufgeführten Kenngrößen liegt. Denken Sie daran, vor jeder Messung das ICC der Stecker von Übertragungsstrecke und Prüfkabel durchzuführen.	Anmerkungen zu Übertragungsstrecken, die nicht konform waren.					
10	Speichern der Messergebnisse						

Beschreibung – Schritt für Schritt

Schritt 1: Ein niedriger Batterieladestand kann sich negativ auf die Testergebnisse auswirken. Dieser Einfluss schwankt von Messgerät zu Messgerät. Es empfiehlt sich daher, niedrige Batterieladestände Ihrer Messgeräte zu vermeiden. Machen Sie es sich daher zur Gewohnheit, bei längeren Pausen oder am Ende des Tages Ihr Messgerät aufzuladen. Das OTDR-Messgerät muss sich etwa 15 Min. akklimatisieren, bevor der Laser eine stabile Leistung bringt.

Schritt 2: Der Bereich ist so einzustellen, dass er mindestens alle Prüfkabel und die gesamte zu prüfende Verkabelung abdeckt, d. h. wenn Sie 2 Prüfkabel von 500 m haben und die längste zu prüfende Übertragungsstrecke 350 m lang ist, muss der Bereich mindestens 1350 m oder der nächst höhere Bereich sein, z. B. 2 km.

Schritt 3: Die Pulsbreite gibt einen Hinweis darauf, wie viel Leistung in die Faser geschickt wird; je größer die Pulsbreite, desto mehr Leistung wird übertragen. Eine große Pulsbreite ermöglicht Ihnen, weiter in das Kabel vorzudringen, bedeutet aber auch, dass die Breite der Reflexionen größer wird. Eine breitere Reflexion versteckt auch in stärkerem Maße das Rückstreusignal, d.h. sie vergrößert die Ereignis- und Dämpfungstotzone. Für R&M*freenet*-Garantieanträge muss sie kleiner als 20 ns sein.

Schritt 4: Diese Funktion legt die Zeit fest, die benötigt wird, um die Übertragungsstrecke zu prüfen; je länger die Zeit, desto besser das SNR und die Charakterisierung der Messkurve. Die gewählte Zeit sollte eine gute Analyse der zu prüfenden Verkabelung ermöglichen. Diese Zeit hängt von der Ausrüstung ab, aber die allgemein akzeptable Zeit beträgt 20 Sek.

Schritt 5:

Brechungsindex	850 nm	1 300 nm	1310 nm	1 550 nm	1 625 nm
OM3/OM4	1,482	1,477			
OS1/OS2			1,467	1,467	1,468

Schritt 6/7: Speichern Sie für jedes verwendete Prüfkabel eine OTDR-Messkurve und eine Messkurve der Prüfkabel gegeneinander. Diese Messung dient dazu, die Qualität der Referenzstecker an den Prüfkabeln zu überprüfen; sie sollten besser sein als MMF IL ≤ 0,10 dB, SMF IL ≤ 0,20 dB, PC ≤ 35 dB, APC ≤ 60 dB. Dieser Schritt sollte täglich durchgeführt werden oder immer wenn eines der Prüfkabel ersetzt wird.

Schritt 8: Messen Sie die zu prüfende Übertragungsstrecke und achten Sie dabei darauf, dass die Nomenklatur und die Beschriftung den Anforderungen und Standards entsprechen. Überprüfen Sie, ob es keine defekten oder beschädigten Teile gibt.

Schritt 9: Analysieren Sie die Testergebnisse und prüfen Sie, ob sie mit den Projektanforderungen und den bekannten Leistungsdaten der Komponenten übereinstimmen. Führen Sie die **ICC** der Endflächen von Übertragungsstrecke und Prüfkabeln durch.

Schritt 10: Speichern Sie die guten Testergebnisse mit der korrekten Nomenklatur im richtigen Ordner.

Vorgehen nach dem Test

Schritt	Beschreibung	Datum	Visum
1	Sammeln Sie alle Testergebnisse im digitalen Ordner des Projekts. Unterteilen Sie die Prüfdateien nach geprüften Standards und Kabeltyp.		
2	Fügen Sie die Testergebnisse dem Projektabnahmebericht bei.		
3	Komprimieren Sie den Ordner und fügen Sie ihn dem Online-Antragsformular bei, wenn Sie auf der [R&M Warranty Webpage] eine R&M-Garantie beantragen.		
4	Projekt abgeschlossen		

5.3.5 LSPM-PRÜFUNG/DÄMPFUNGSMESSUNG

Ihr faseroptisches System muss gemäß den Anforderungen von ISO/IEC 14673-3 oder gleichwertigen Normen gemessen werden, damit eine R&M-Garantie gewährt wird. Die beschriebenen Messmethoden gelten für runde Stecker (LC, SC, ST, E2000®) und rechteckige Stecker (MPO, MTP®). Es gibt keinen Unterschied zwischen den Verfahren, aber das Messgerät kann ein anderes sein.

5.3.5.1 Messrichtung

Für die Konformitätsprüfung eines Channel oder einer PL **MUSS** eine bidirektionale Messung durchgeführt werden.

5.3.5.2 Referenzkonfiguration

Für die Prüfung eines Permanent Link ist nur die „Ein-Messkabel"-Methode zulässig.

Für einen Garantieantrag für faseroptische Permanent Links akzeptieren wir die Zwei- und Drei-Messkabel-Prüfmethode nicht.

Für die LSPM-Channel-Zertifizierung wird nur die „Erweiterte Drei-Messkabel"-Prüfmethode akzeptiert. In diesem Fall müssen jedoch die für die Prüfung verwendeten Prüfkabel mit dem Channel verbunden bleiben. Deshalb sind für jeden geprüften Channel neue Gerätekabel und eine neue Kalibrierung erforderlich.

Für einen Garantieantrag für faseroptische Channels akzeptieren wir die Ein- und Zwei-Messkabel-Prüfmethode nicht.

5.3.5.3 Wellenlänge

Jede Übertragungsstrecke **MUSS** in den oberen und unteren Frequenzfenstern geprüft werden, d. h. MMF bei 850 nm und 1300 nm und SMF bei 1310 nm und 1550 nm. Möglicherweise benötigt der Endkunde Prüfungen weiterer Wellenlängen.

5.3.5.4 Einstellungen

Bei einigen LSPM-Messgeräten können Sie die Kenngrößen der Übertragungsstrecke einstellen, um sofort zu überprüfen, ob die gemessene Dämpfung im Bereich eines bestimmten Standards liegt. Hier ist eine Übersicht einiger dieser Kenngrößen:

- Standardgrenzwert: Bestimmt die Grenzen der Dämpfungsbudgets für eine Übertragungsstrecke gemäß Punkt 3.3.1.1
- Fasertyp: Diese Kenngröße verwendet die unter 3.3.1.3 eingestellten Faserdämpfungsparameter.
- Bidirektional: Bei LSPM erfordert das R&M*freenet*-Garantieprogramm bidirektionale Messungen.
- Adapteranzahl: Hierbei handelt es sich um die Anzahl der in der zu prüfenden Übertragungsstrecke vorhandenen Adapter. Bei einer Preterm-Übertragungsstrecke sind dies 2, bei einer Übertragungsstrecke mit Trunkkabeln und Kassetten sind es 4.
- Anzahl von Spleißungen: Die Anzahl der in der Übertragungsstrecke vorhandenen Spleißungen.
- Steckertyp: Der Typ der in der Übertragungsstrecke verwendeten Stecker; diese Kenngröße hat informativen Charakter und keinen Einfluss auf die Berechnung der Prüfgrenzwerte.
- Prüfmethode: Bei LSPM verlangt das R&M*freenet*-Garantieprogramm die „Ein-Messkabel"-Referenzmethode für die Prüfung von Permanent Links.
- Brechungsindex

Brechungsindex	850 nm	1 300 nm	1310 nm	1 550 nm	1 625 nm
OM3/OM4	1,482	1,477			
OS1/OS2			1,467	1,467	1,468

Tabelle 60: Brechungsindex des LWL-Kabels

5.3.5.5 Referenz

Bei der LSPM-Prüfmethode muss zwischen der Lichtquelle und dem Leistungsmessgerät eine Referenz eingestellt werden. Die folgenden Methoden für die Einstellung der Referenz sind zulässig.

„Ein-Messkabel“-Methode

Das für die Einstellung der Referenz verwendete Prüfkabel muss die unter Punkt 5.3.3.3aufgeführten Bedingungen erfüllen.

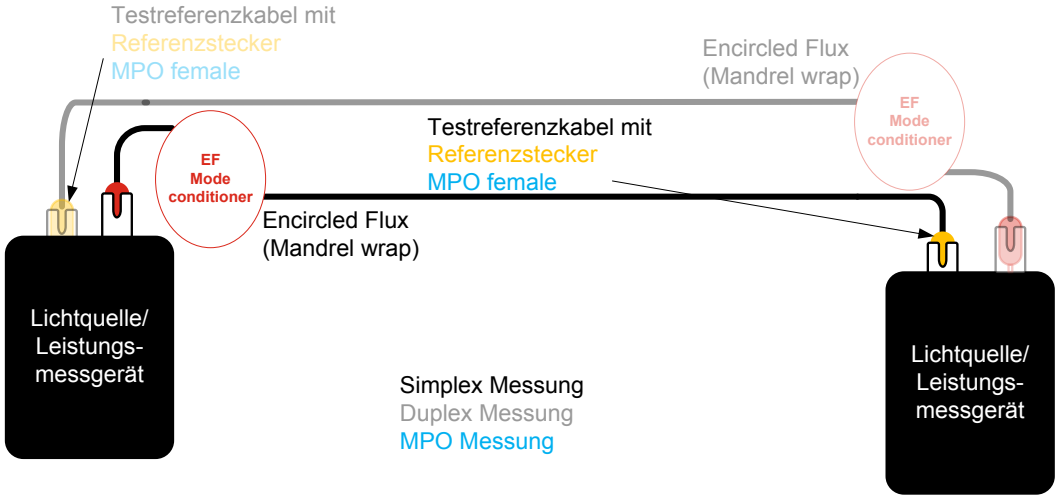


Bild 100: „Ein-Messkabel“-Referenzmethode

„Erweiterte Drei-Messkabel“-Referenzmethode

Das für die Einstellung der Referenz verwendete Prüfkabel muss die unter Punkt 5.3.3.3 aufgeführten Bedingungen erfüllen; das Gerätekabel muss dasjenige sein, das mit dem Channel verbunden bleibt.

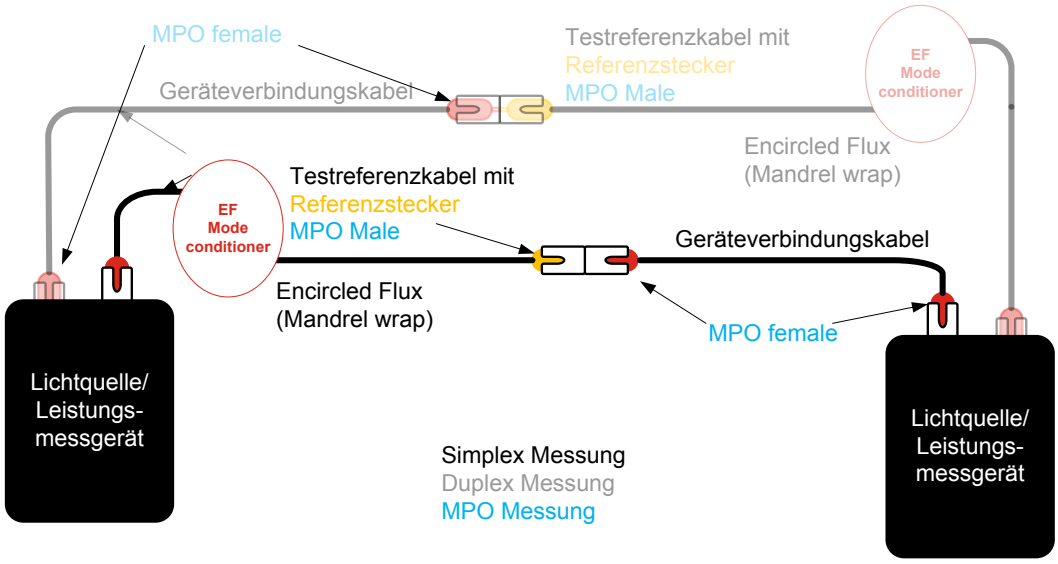


Bild 101: „Drei-Messkabel“-Referenzmethode

5.3.5.6 Überprüfung

„Ein-Messkabel“-Methode

Nach der Referenzeinstellung für LSPM und Verlängerungskabel muss geprüft werden, ob die Referenzstecker von Messkabeln hochwertig genug sind. Richten Sie die folgende Prüfanordnung ein und messen Sie die Übertragungsstrecke. Die Dämpfung muss **für MMF kleiner als 0,1 dB und für SMF kleiner als 0,2 dB** sein. Speichern Sie den gemessenen Wert und fügen Sie ihn der Prüfdokumentation für den Garantieantrag bei. Wiederholen Sie diesen Schritt nach jeder Referenzmessung oder wenn Sie feststellen, dass die Messergebnisse schlechter werden.

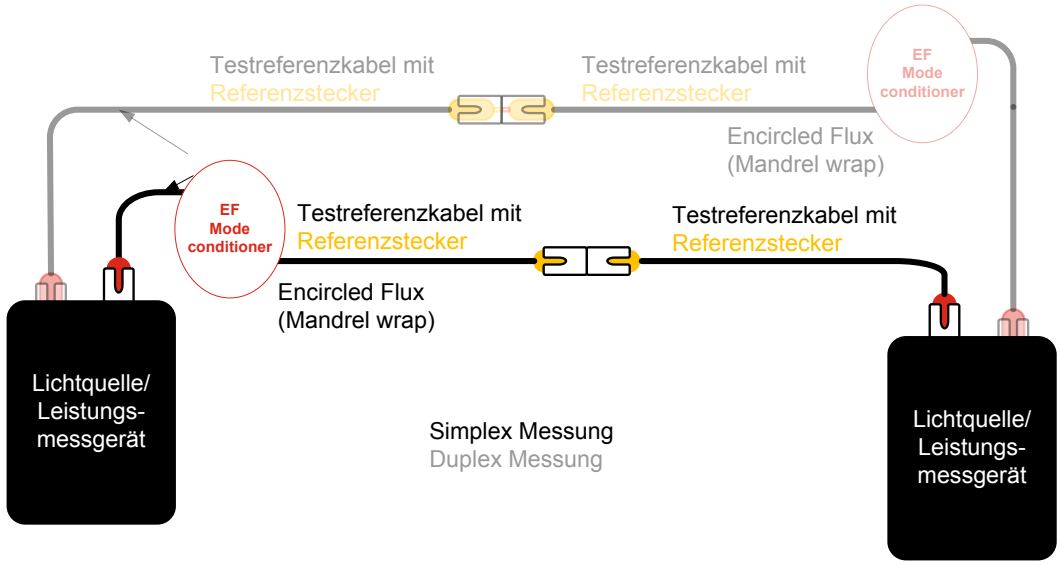


Bild 102: Verifizierung mit „Ein-Messkabel-Methode“

5.3.5.7 Messung

„Ein-Messkabel-Methode“

Nun können Sie die „zu prüfende Verkabelung“ messen, indem Sie die Vor- und Nachlauffaser an den jeweiligen Enden der Übertragungsstrecke anschließen.

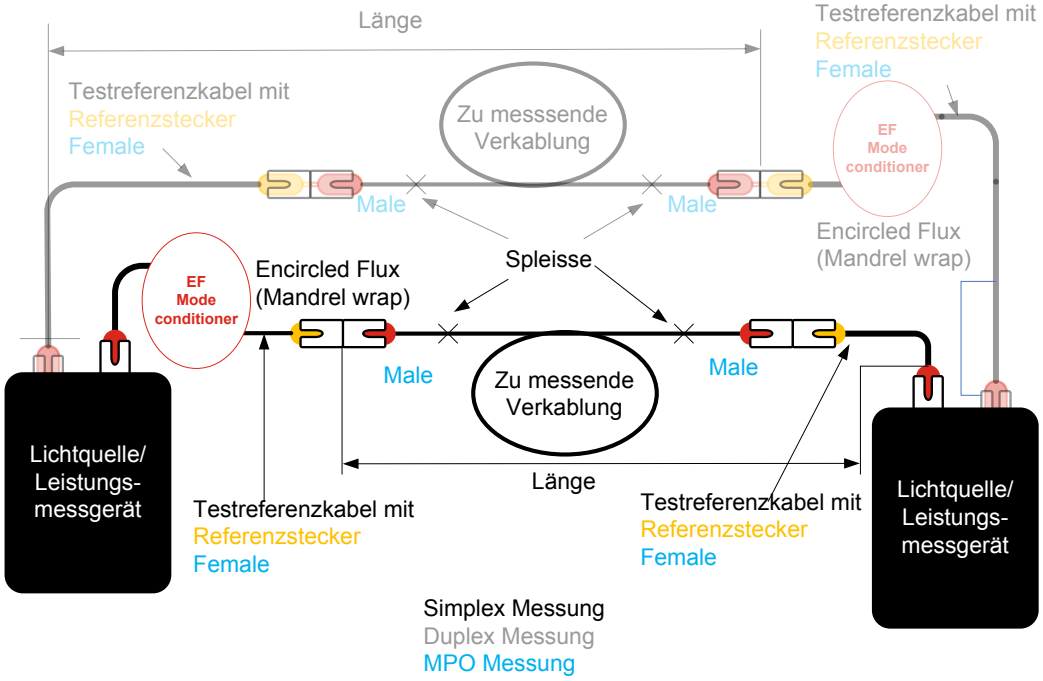


Bild 103: Messung mit „Ein-Messkabel-Methode“

„Erweiterte Drei-Messkabel“-Referenzmethode

Nun können Sie die „zu prüfende Verkabelung“ messen, indem Sie das Gerätekabel zwischen Leistungsmessgerät und einem Ende der Übertragungsstrecke anschließen. Das andere Ende der zu prüfenden Übertragungsstrecke ist an das für die Referenzmessung verwendete Gerätekabel angeschlossen.

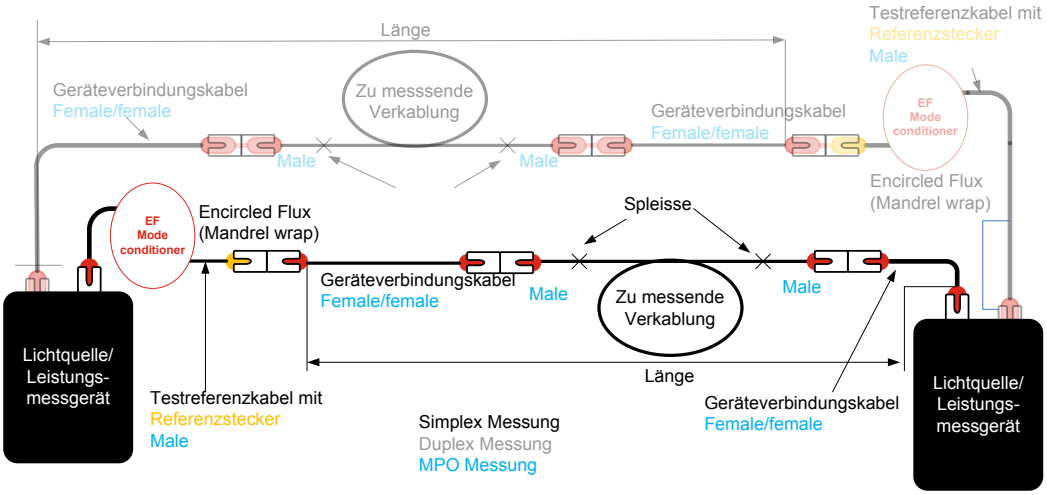


Bild 104: Messung mit „Erweiterte Drei-Messkabel“-Referenzmethod“

5.3.5.8 Vorgehensweise für LSPM-Prüfungen

Überprüfer der Vorgehensweise

Unternehmen/Name	Unterschrift	Datum	Anmerkungen
Unternehmen: Name:			
Unternehmen: Name:			
Unternehmen: Name:			

Allgemeine Beschreibung der Arbeit

Zweck der dieser Vorgehensweise ist es sicherzustellen, dass die Infrastruktur des Glasfaserdatennetzes anhand der neusten Standards geprüft wird und die Anforderungen des Endanwenders und die Garantieanforderungen von R&M erfüllt werden. Diese Vorgehensweise enthält alle Schritte, die auszuführen sind, sowie Angaben wann, wie und von wem sie auszuführen sind, damit sichergestellt ist, dass die Prüfergebnisse eine zuverlässige Darstellung der Qualität des Netzes liefern. Wird einer dieser Schritte vergessen, kann dies zu ungenauen Messungen und zum Netzausfall oder zu erneuten Messungen führen.

Liste der Kontaktpersonen

Funktion	Name	Kontaktinformationen
Endanwender		Tel.: E-Mail:
Teamleiter		Tel.: E-Mail:
Kontaktperson R&M		Tel.: E-Mail:

Vorgehensweise vor dem LSPM-Prüfprojekt

Projektname	
Teamleiter	

Schritt	Beschreibung	Datum	Ausgeführt von	Anmerkungen
1	Setzen Sie die Vorgehensweise nach dem korrekten Standard, dem korrekten Prüfverfahren und anhand der korrekten Informationen für das Projekt um.			
2	Kontrolle: Ist das Messgerät durch R&M akzeptiert und das Kalibrierungsdatum gültig? Die meisten Messgeräte müssen jährlich kalibriert werden.			
3	Überprüfen Sie, ob die zu verwendenden Kabel die Bedingungen der zu überprüfenden Übertragungsstrecke erfüllen, d.h. Fasereigenschaften, Länge, Referenzstecker und Steckertyp.			
4	Erstellung der Projekt-Bezeichnung im Messgerät.			
5	Vorbereitung eines Messdaten-Verzeichnisses im Messgerät.			
6	Anlage eines Sammel-Verzeichnis zur Aufnahme von Mess-Files, Kalibrierungs-Zertifikat, Gebäudeplan, Materiallisten etc.			

Vorgehensweise für die Prüfung

Ort	Referenzstecker-dämpfung	Prüf-grenzwert	Anz. Üb.str.	Kabel Typ	Index Brechung	Adapter Splei-ßungen	Konfig.

Schritt	Beschreibung	Datum	Initialen	Datum	Initialen	Datum	Initialen
1	Ist der Batterieladestand in Ordnung?						
2	Prüfparameter einstellen.						
3	Referenz einstellen.						
4	Prüfen der Prüfkabel.						
5	Speichern der Prüfkabelprüfungsergebnisse.						
6	Bidirektionales Messen der zu prüfenden Übertragungsstrecke.						
7	Prüfen, ob die Übertragungsstrecke innerhalb der oben aufgeführten Kenngrößen liegt. Denken Sie daran, vor jeder Messung das ICC der Stecker von Übertragungsstrecke und Prüfkabel durchzuführen.	Anmerkungen zu Übertragungsstrecken, die nicht konform waren.					
8	Speichern der Messergebnisse						

Beschreibung – Schritt für Schritt

Schritt 1: Ein niedriger Batterieladestand kann sich negativ auf die Prüfergebnisse auswirken. Dieser Einfluss schwankt von Messgerät zu Messgerät. Es empfiehlt sich daher, niedrige Batterieladestände Ihrer Messgeräte zu vermeiden. Machen Sie es sich daher zur Gewohnheit, bei längeren Pausen oder am Ende des Tages Ihr Messgerät aufzuladen. Das LSMP-Messgerät muss sich etwa 15 Min. akklimatisieren, bevor die Lichtquelle eine stabile Leistung bringt.

Schritt 2: Bei einigen Testgeräten können Sie die Parameter einstellen, die dem Messgerät ermöglichen, das Leistungsbudget für die Übertragungsstrecke zu berechnen. Dies sind die Parameter, die oben eingestellt werden, nämlich Prüfgrenzwerte, Fasertyp, Anzahl von Adaptern/Spleißungen, Steckertyp, Brechungsindex.

Brechungsindex	850 nm	1 300 nm	1310 nm	1 550 nm	1 625 nm
OM3/OM4	1.482	1,477			
OS1/OS2			1,467	1,467	1,468

Schritt 3: Stellen Sie die Referenz ein, d.h. bei PL-Prüfungen die Ein-Messkabel-Referenz mit einem Prüfkabel zwischen Lichtquelle und Leistungsmessgerät (Referenzstecker) oder bei Channel-Prüfungen die erweiterte Drei-Messkabel-Referenz mit einem Prüfkabel und einem Gerätekabel zwischen Lichtquelle und Leistungsmessgerät.

Schritt 4/5: Entfernen Sie das Prüfkabel vom Leistungsmessgerät und fügen Sie ein weiteres Prüfkabel zwischen Leistungsmessgerät und Prüfkabel für die PL-Prüfung hinzu. Stellen Sie sicher, dass beide Referenzstecker über einen SMF-Koppler miteinander verbunden sind. Diese Messung dient dazu, die Qualität der Referenzstecker an den Prüfkabeln zu überprüfen; sie sollten besser sein als MMF IL ≤ 0,10 dB, SMF IL ≤ 0,20 dB, PC ≤ 35 dB, APC ≤ 60 dB. Dieser Schritt sollte regelmäßig durchgeführt werden oder immer, wenn eines der Prüfkabel ersetzt wird. Entfernen Sie für Channel-Prüfungen das Gerätekabel vom Leistungsmessgerät und fügen sie ein weiteres Gerätekabel am Leistungsmessgerät hinzu. Bei Channel-Prüfungen ist keine Verifizierungsprüfung erforderlich.

Schritt 6: Führen Sie die **ICC** der Endflächen von Übertragungsstrecke und Prüfkabeln durch. Messen Sie die zu prüfende Übertragungsstrecke und achten Sie dabei darauf, dass die Nomenklatur und die Beschriftung den Anforderungen und Standards entsprechen. Überprüfen Sie, ob es keine defekten oder beschädigten Teile gibt.

Schritt 7: Analysieren Sie die Testergebnisse und prüfen Sie, ob sie mit den Projektanforderungen und den bekannten Leistungsdaten der Komponenten übereinstimmen. Bei Channel-Prüfungen lassen Sie beide Gerätekabel mit der Übertragungsstrecke verbunden und wiederholen das Vorgehen von Schritt 3.

Schritt 8: Speichern Sie die guten Testergebnisse mit der korrekten Nomenklatur im richtigen Ordner.

Vorgehen nach dem Test

Schritt	Beschreibung	Datum	Visum
1	Sammeln Sie alle Testergebnisse im digitalen Ordner des Projekts. Unterteilen Sie die Prüfdateien nach geprüften Standards und Kabeltyp.		
2	Fügen Sie die Testergebnisse dem Projektabnahmebericht bei.		
3	Komprimieren Sie den Ordner und fügen Sie ihn dem Online-Antragsformular bei, wenn Sie auf der [R&M Warranty Webpage] eine R&M-Garantie beantragen.		
4	Projekt abgeschlossen		

6 GLOSSAR

ACR (Attenuation to Crosstalk Ratio, Dämpfung-Übersprech-Verhältnis)

ACR ist die Differenz zwischen dem NEXT-Wert in dB und der Dämpfung in dB. Ein hoher ACR-Wert bedeutet, dass die empfangenen Signale erheblich stärker sind als das Übersprechen, und entspricht einem hohen NEXT-Wert und einer niedrigen Dämpfung.

ACR-F (ELFEXT, Equal Level Far End Crosstalk, Verhältnis des übersprechenden Ausgangspegels zum eigentlichen Ausgangspegel)

Entspricht dem FEXT, jedoch mit der Ausnahme, dass das eingekoppelte Signal am fernen Ende ins Verhältnis zum gedämpften Signal am fernen Ende des Aderpaars gesetzt wird, in dessen nahes Ende das Signal eingespeist wird.

American National Standards Institute (ANSI)

Nationales Standardisierungsgremium der USA. ANSI entwickelt und publiziert Standards. ANSI ist der amerikanische Vertreter und stimmberechtigtes Mitglied der ISO.

American Wire Gauge (AWG)

US-amerikanisches Standardmass zur Bezeichnung des Durchmessers von Leitern aus Kupfer, Aluminium und anderen Materialien.

AWG	22	23	24	25	26
Durchmesser (mm)	0,644	0,573	0,511	0,455	0,405

Tabelle 61: Umrechnung von AMG in mm

ANEXT (Alien Near End Crosstalk, Fremdnahübersprechen)

Fremdübersprechen (Alien Crosstalk, AXT) bezeichnet aus einem oder mehreren nebeneinander laufenden Kabeln stammende elektromagnetische Einstreuungen in ein Kabel. Der Wortbestandteil „Fremd...“ drückt aus, dass diese Art des Übersprechens zwischen unterschiedlichen Kabeln innerhalb einer Gruppe oder eines Bündels und nicht zwischen einzelnen Adern oder Stromkreisen innerhalb eines einzelnen Kabels stattfindet.

Anschlusskabel

Rangierkabel, das eine Endeinrichtung mit dem Geräteanschluss am Arbeitsplatz verbindet.

Arbeitsplatz

Gebäudebereich, in dem Beschäftigte an Telekommunikationsendgeräten arbeiten. Ein typischer Arbeitsplatz eines Anwenders ist neun Quadratmeter gross.

Bandbreite

Frequenzbereich, der zur Übertragung der Informationen über einen Kanal zur Verfügung steht. Der Wert gibt die Übertragungskapazität eines Kanals an. Je grösser die Bandbreite, desto mehr Informationen können über die Verbindung übertragen werden. Die Angabe erfolgt in Hertz (Hz), Bit/s oder MHz.km (bei Glasfasern).

Bereichsverteilungskabel

Kabel, das den Bereichsverteiler mit den Geräteanschlüssen oder den lokalen Verteilpunkten verbindet.

Bereichsverteiler (BV)

Verteiler, über den die Verbindungen zwischen dem Teilsystem der Hauptverteilungsverkabelung, dem Teilsystem der Bereichsverteilungsverkabelung, dem Teilsystem der Netzzugangsverkabelung, den in ISO/IEC11801 spezifizierten Verkabelungsteilsystemen und den aktiven Geräten hergestellt werden.

Biegeradius
Radius einer Krümmung, den die Glasfaser oder das Kupferkabel ohne Bruchgefahr oder übermässige Dämpfung aushält.

Bitfehlerrate (BER)
Mass zur Bewertung der Qualität einer digitalen Übertragungsleitung. Die Angabe erfolgt in Prozent oder als Verhältnis der fehlerhaft empfangenen zu den insgesamt empfangenen Bits. Ein typischer Wert ist ein Fehler in 108 oder 109 übertragenen Bits. Je weniger Bitfehler auftreten, desto besser ist die Qualität der Verbindung.

CENELEC
Europäische Komitee für elektrotechnische Normung.

CENELEC EN 50173
Von CENELEC ausgearbeitete europäische Norm für die Planung und Installation informationstechnischer Verkabelungssysteme.

Channel (Kanal)
Ende-zu-Ende-Übertragungspfad, der zwei anwendungsspezifische Geräte miteinander verbindet. Auch die Anschlusskabel der technischen Geräte und des Arbeitsplatzes sind Bestandteil des Channel.

Dämpfung
Mit Dämpfung wird allgemein die Minderung der übertragenen Energie eines Signals im Verlauf einer Übertragungsstrecke bezeichnet.

Dezibel (dB)
Einheit, mit der Spannungen oder Ströme relativ zu einer Bezugsgrösse bzw. die Verstärkung oder Dämpfung von Spannungen oder Strömen in logarithmischem Massstab angegeben werden.

Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)
Die EMV ist definiert als die Fähigkeit eines elektronischen Geräts, einer Anlage oder eines Systems, in einer elektromagnetischen Umgebung zufriedenstellend zu arbeiten, ohne dabei selbst elektromagnetische Störungen zu verursachen, die für die in dieser Umgebung vorhandenen Geräte, Anlagen oder Systeme zu gross wären.

Fest installiertes Bereichsverteilungskabel
Kabel, das den Bereichsverteiler mit den Geräteanschlüssen oder, wenn vorhanden, mit dem lokalen Verteilpunkt verbindet.

FEXT (Far End Crosstalk, Fernübersprechen)
Beschreibt die nicht erwünschte Einkopplung von Signalen aus dem sendenden Aderpaar in das empfangende Aderpaar am fernen Ende der Leitung. Das FEXT wird in dB angegeben. Der FEXT-Wert ist nur für bestimmte Anwendungen von Bedeutung. Im Allgemeinen spielt das Nahübersprechen (NEXT) eine grössere Rolle.

Frequenz
Häufigkeit eines regelmässig während eines bestimmten Zeitraums stattfindenden Vorgangs. Wird in Hertz (Hz) angegeben.

Geräteanschluss (GA) (siehe auch RZ)
Fest installierte Anschlusskomponente für den Anschluss der Bereichsverteilungsverkabelung und Schnittstelle für die Geräteverkabelung.

Geräteanschluss (GA)
Anschlussdose, die einzelne Arbeitsplätze mit der strukturierten Gebäudeverkabelung verbindet. Meist sind dies achtpolige Modularbuchsen (RJ), an die verschiedene Geräte für Sprach-, Video- und Datenübertragung angeschlossen werden können.

Hauptverteiler (HV)
Verteiler, über den die Verbindungen zwischen dem Teilsystem der Hauptverteilungsverkabelung, dem Teilsystem der Netzzugangsverkabelung, den in ISO/IEC 11801 spezifizierten Verkabelungsteilsystemen und den aktiven Geräten hergestellt werden.

Hauptverteilungskabel
Kabel, das den Hauptverteiler mit dem Bereichsverteiler verbindet.

Hertz (Hz)
Standardeinheit der Frequenz. Entspricht einer Schwingung pro Sekunde.

Horizontales Kabel
Kabel, das den Etagenverteiler mit den Telekommunikations-Anschlussdosen verbindet.

Impedanz
Frequenzabhängiger Widerstand (Wellenwiderstand) einer Übertragungsleitung, der den Strom durch die Leitung begrenzt.

ISO/IEC11801
Internationale Norm für die universelle Gebäudeverkabelung.

Kabeltrasse
Festgelegter Kabelverlauf und/oder Befestigungen in einem Zwischenboden oder einer Zwischendecke.

Kapazität
Eigenschaft von durch ein Dielektrikum getrennten Leitern, die bei einer elektrischen Spannungsdifferenz zwischen den Leitern zur Speicherung elektrischer Ladungen führt. Bei Kupferkabeln sind Kapazitäten unerwünscht, da sie die übertragenen Signale und den gewünschten Stromfluss stören.

Kategorie 3
Industriestandard für Kabel und Anschlusskomponenten mit bis zu 16 MHz spezifizierten Übertragungsparametern, zumeist für Datenraten bis 10 Mbit/s.

Kategorie 5, 5e
Die Kategorie 5e ist eine seit 1999 existierende, erweiterte Version von Kategorie 5, die zusätzliche Parameter für die Vollduplexübertragung über vier Leiterpaare spezifiziert. Es ist eine erweiterte Kategorie 5 für Kabel und Anschlusskomponenten mit bis zu 100 MHz spezifizierten Übertragungsparametern für Datenraten bis 1000 Mbit/s.

Kategorie 6
Industriestandard für Kabel und Anschlusskomponenten mit bis zu 250 MHz spezifizierten Übertragungsparametern für Datenraten bis 1 Gbit/s und darüber.

Kategorie 6_A
Industriestandard für Kabel und Anschlusskomponenten mit bis zu 500 MHz spezifizierten Übertragungsparametern für Datenraten bis 10 Gbit/s und darüber.

Kategorie 7
Für Kabel und Anschlusskomponenten mit bis zu 600 MHz spezifizierten Übertragungsparametern. Kategorie 7 spezifiziert ausschliesslich Kabel. Um die reibungslose Übertragung bei den genannten Frequenzen zu gestatten, sind neue Stecker erforderlich.

Kategorie 7_A

Für Kabel und Anschlusskomponenten mit bis zu 1000 MHz spezifizierten Übertragungsparametern. Kategorie 7_A spezifiziert ausschliesslich Kabel. Um die reibungslose Übertragung bei den genannten Frequenzen zu gestatten, sind neue Stecker erforderlich.

Laufzeitdifferenz (Delay Skew)

Die Laufzeitdifferenz bezeichnet den Unterschied der Signallaufzeiten in zwei Aderpaaren des gleichen Kabels.

Laufzeitverzögerung (Propagation Time Delay)

Ein Signal, das eine Übertragungsstrecke von einem Ende zum anderen durchläuft, erfährt eine gewisse zeitliche Verzögerung. Diese Laufzeitverzögerung berechnet sich aus der Länge des Kabels geteilt durch die für das betreffende Übertragungsmedium geltende Ausbreitungsgeschwindigkeit.

Lokales Netzwerk (LAN)

Datenkommunikationsnetz, das aus Host-Rechnern und anderen über Endeinrichtungen vernetzten Geräten (z.B. PCs) besteht. Häufig kommen Twisted-Pair- oder Koaxialkabel zum Einsatz. Ein LAN erlaubt mehreren Anwendern den gemeinsamen Zugriff auf Daten und Ressourcen. In der Regel ist ein LAN auf ein einziges Gebäude beschränkt.

Lokaler Verteilpunkt (LVP, Local Distribution Point)

Anschlusspunkt innerhalb des Teilsystems der Bereichsverteilungsverkabelung zwischen Bereichsverteiler und Geräteanschluss.

Lokaler Verteilpunkt-Link

Übertragungsstrecke zwischen einem lokalen Verteilpunkt und der Schnittstelle am anderen Ende des fest installierten Bereichsverteilungskabels, inkl. der Anschlusskomponenten an beiden Enden.

Mantel / Kabelmantel

Flexible Aussenhülle eines Kabels die die im Innern liegenden farbcodierten Einzelleiter schützt.

Nennausbreitungsgeschwindigkeit (NVP, Nominal Velocity of Propagation)

Wenn Signale über ein physikalisches Medium übertragen werden, bewegen sie sich abhängig von Material und Aufbau des Mediums langsamer als das Licht. Der NVP-Wert ist das Verhältnis der Signalgeschwindigkeit im betreffenden Medium zur Lichtgeschwindigkeit im Vakuum. Typischerweise liegt die NVP in Kupferkabeln bei 60% bis 85% der Lichtgeschwindigkeit.

Netzarchitektur

Topologie und Aufbau des Netzwerks.

Netzwerk

Von den jeweiligen Betreibern in Form von Einwahl- und Standleitungen für lokale und Fernverbindungen bereitgestelltes Telekommunikationssystem. System aus Software- und Hardwarekomponenten, die zum Zweck der Datenübertragung miteinander verbunden sind.

Netzzugangskabel

Kabel, das die externe Netzschnittstelle mit dem Hauptverteiler oder dem Bereichsverteiler verbindet.

NEXT (Near End Crosstalk, Nahüberprechen)

Beschreibt die nicht erwünschte Einkopplung von Signalen aus dem sendenden Aderpaar in das empfangende Aderpaar am gleichen (= nahen) Ende der Leitung. Das NEXT wird in dB angegeben. Es zeigt an, wie gut die Aderpaare eines Kabels voneinander entkoppelt sind.

Paar (Aderpaar)

Zwei (meist durch Verdrillung) zusammengefasste und farbcodierte Leiter. Siehe auch „Symmetrisches paarverdrilltes Kabel (Twisted-Pair-Kabel)“.

Paarverdrilltes Kabel, geschirmt (STP)
Elektrisch leitendes Kabel, das aus mindestens einem individuell geschirmten Aderpaar besteht. Eventuell besitzt das Kabel neben der Einzelschirmung der Aderpaare noch eine zusätzliche Schirmung (Kabel mit Gesamtschirmung).

Paarverdrilltes Kabel, ungeschirmt (UTP)
Normales Kupferkabel für Gebäude, das hohe Datenraten übertragen kann. Es gibt Verfahren, um die durch die Kupferadern bedingten Übertragungsverluste sowie die Abstrahlung von UTP-Kabeln zu begrenzen.

Permanent Link
Übertragungsstrecke zwischen zwei Schnittstellen einer universellen Gebäudeverkabelung ohne Anschlusskabel und Arbeitsplatzkabel.

Power Sum
Ein Verfahren für Test und Messung des Übersprechens in mehrpaarigen Kabeln. Die Summe aller ein Aderpaar beeinträchtigenden Formen des Übersprechens, wenn alle anderen Aderpaare aktiv sind.

Rangierung (Cross-Connect)
Kabelverzweiger des strukturierten Verkabelungssystems, in dem die Kommunikationsverbindungen verwaltet werden (d.h. in dem mit Rangierkabeln Verbindungen hinzugefügt und umkonfiguriert werden). Die Rangierung befindet sich in einem Betriebsraum oder im Verteilerraum.

Rauschen
Störungen, die in einem Leiter von einer anderen Quelle als dem angeschlossenen Sender verursacht werden. Das Rauschen kann ein Signal so stark beeinträchtigen, dass es verfälscht oder vom Empfänger nicht mehr erkannt wird. Je höher die Datenrate, desto grösser die Auswirkungen des Rauschens.

Rückflussdämpfung (Return Loss)
Die Rückflussdämpfung ist ein Mass für die Gleichförmigkeit der Impedanz entlang der Kabelstrecke sowie in Steckverbindern und Rangierkabeln.

Sammelpunkt (SP)
Verbindungspunkt in der horizontalen Verkabelung, der zumeist zur Erleichterung der Neuanordnung von Möbelgruppen verwendet wird.

Schlaglänge
Steighöhe der Verdrillung von Twisted-Pair-Kabeln. Jeweils zwei einzelne Adern werden zu einem Aderpaar verdrillt. Durch Ändern der Schlaglänge können die NEXT-Werte verbessert werden.

Schirm
Metallische Schicht, die die isolierten Adern eines geschirmten Kabels umgibt. Der Schirm kann als Metallmantel des Kabels oder bei nichtmetallischem Mantel als separate Metallschicht ausgeführt sein. Auch als Schirmung bezeichnet.

Störung
Jegliche Beeinträchtigung eines Signals durch unerwünschte äussere Einflüsse.

Symmetrisches paarverdrilltes Kabel (Twisted-Pair-Kabel)
Kabel, das aus mindestens einem symmetrischen Kabel (verdrillte Aderpaare oder Sternvierer) besteht.

TIA
Telecommunications Industry Association, Nordamerikanisches Normungsgremium.

TIA 568x

Nordamerikanische Norm für informationstechnische Verkabelungen in Bürogebäuden.

Übersprechen (Crosstalk)

Elektromagnetische Kopplung zwischen zwei physisch getrennten Stromkreisen in einem System. Über diese Kopplung werden Signale aus einem Stromkreis in einen anderen übertragen, wo sie das dort übertragene Signal stören.

Universelle Gebäudeverkabelung (UGV)

Strukturiertes informationstechnisches Verkabelungssystem, das viele verschiedene Anwendungen unterstützt. Bei der Installation einer UGV muss nicht bekannt sein, welche Anwendungen dies im Einzelnen sind. Die UGV enthält keine anwendungsspezifische Hardware.

Verkabelung

System aus Telekommunikationskabeln, Kabelkanälen und Anschlusstechnik, über die IT-Geräte miteinander verbunden werden.

Widerstand

Eigenschaft eines Leiters, aus der sich der bei einer gegebenen Potenzialdifferenz fliessende Strom ergibt. Der Widerstand begrenzt den Stromfluss und führt zu Leistungsverlusten in Form von Wärme. Er wird in Ohm gemessen.

Wire Map Test

Dieser Test prüft, ob die Pinbelegung der Anschlussmodule auf beiden Seiten gleich ist.

Zugkraft

In Newton (N) angegebene Kraft, die während der Installation auf ein Kabel ausgeübt wird (10 N entsprechen etwa dem Gewicht von 1 kg).

7 ABRIVIATIONS

CRAC	Computer Room Air Conditioning
CBN	Gemeinsame Potentialausgleichsanlage
EMV	ElectroMagnetische Verträglichkeit
BN	Potentialausgleichsanlage
HF	Hoch Frequenz
DC	Gleichstrom
DC-I	Isoliertes DC Kreis
DC-C	Gemeinsame DC Kreis
AC	Wechselstrom
UPC	Ultra Polished Connector
TN-S	Das bedeutet im Prinzip, daß ab dem Trafo bzw. ab der speisenden Stelle der N- und PE-Leiter separat geführt werden und bis zur letzten Steckdose ein durchgängiges 5-Leiternetz L
TN-C	beide Niederspannungsverteilungen über eine Einspeisung mit PEN-Leiter verfügen
TN-C-S	Da beide Niederspannungsverteilungen über eine Einspeisung mit PEN-Leiter verfügen
RCD	Fehlerstromschutzeinrichtung
TT	**TT** (Terra-Terra), Der sternförmig ausgeführte Schutzpotenzialausgleich ist an zentraler Stelle mit dem Schutzleiter des speisenden Netzes zu verbinden.
PE	Schutzpotenzialausgleich
MEP	Mechanisch, Electrisch and Sanitär
PoE	Power over Ethernet
MMF	Mehrmoden LWL
SMF	Einmoden LWL
PC	Physischer Kontakt
APC	Physischer Kontakt mit Schrägschliff
MPO/MTP®	Multi-fiber Push-On connector/ Multi-fiber Termination Push-on connector

8 ABBILDUNGSSCHLUSSEL

Schlussel	Beschreibung
V	Verbindung
ASG	Anwendungsspezifische Übertragungseinrichtung
EV	Etagenverteiler
CD	Campusdistributor (Standorterteiler dt.)
BV	Bereichsverteiler
TA	Telekom Anschluss
SP	Sammelpunkt
TE	Terminal Equipment
ZD	Zone Verteiler
HV	Hauptverteiler
LVP	Lokaler Verteil Punkt
GA	Geräteanschluss
Core	Core Switch Gerät
SVR	Server
Spl	Spleiss
OLT	Optical Network Line Terminal
ONT	Optical Network Termination
Rx	Receive
Tx	Transmit
A	Adapter
P	Stecker
V	Referenz Verbindung
MPO	MPO/MTP® Stecker
EF	Encircled Flux (Begrenzter Lichtstrom)

9 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Qualitätssicherung im Projektablauf 7
Tabelle 2: ISO Norm 8
Tabelle 3:TIA Norm 8
Tabelle 4: EN Norm 9
Tabelle 5: EMV strom verteilung 14
Tabelle 6: Unterschiede zwischen den Normen 17
Tabelle 7: R&M*freenet* Steckernorm im PL und Channel 17
Tabelle 8: TP Kabelaufbau 19
Tabelle 9: UGV-Längen gemäß ISO/IEC 11801 20
Tabelle 10: Gleichungen für horizontale Übertragungsstrecken (siehe auch Diagramme auf den nächsten Seiten) 20
Tabelle 11: Gleichungen Durchverbindung-TA (Schlüssel siehe 8) 21
Tabelle 12: Gleichungen Rangierung-TA (Schlüssel siehe 8) 21
Tabelle 13: Gleichungen Durchverbindung-SP-TA (Schlüssel siehe 8) 22
Tabelle 14: Gleichungen Rangierung-SP-TA (Schlüssel siehe 8) 22
Tabelle 15: Gleichungen Durchverbindung-GA (Schlüssel siehe 8) 23
Tabelle 16: Gleichungen Rangierung-GA (Schlüssel siehe 8) 23
Tabelle 17: Gleichungen Durchverbindung-LVP-GA (Schlüssel siehe 8) 24
Tabelle 18: Gleichungen Rangierung-LVP-GA (Schlüssel siehe 8) 24
Tabelle 19: Gleichungen Hauptverteilungs-Übertragungsstrecke (Schlüssel siehe 8) 25
Tabelle 20: maximale horizontale Länge, R&Mfreenet mit AWG26 26
Tabelle 21: IEEE erweiterte Übertragungsstrecken(Schlüssel siehe 8) 27
Tabelle 22: minimale horizontale Länge, R&Mfreenet Kat6A ISO 28
Tabelle 23: minimale horizontale Länge, R&Mfreenet Kat6A EL 28
Tabelle 24: Gleichungen Ein Steckerverbindung (Schlüssel siehe 8) 29
Tabelle 25: Gleichungen BtB Durchverbindung (Schlüssel siehe 8) 30
Tabelle 26: Gleichungen RdR Verbindung (Schlüssel siehe 8) 31
Tabelle 27: Klassifizierung informationstechnischer Kabel gemäss EN 50174-2:2009/A1:2011/AC:2011 33
Tabelle 28: Mindestabstände S gemäss EN 50174-2:2009/A1:2011/AC:2011 34
Tabelle 29: Faktor für die Stromversorgungsverkabelung gemäss EN50174-2:2009/A1:2011/AC:2011 34
Tabelle 30: Abstandsanforderungen zwischen metallischen informationstechnischen Kabeln und bestimmten EMV-Quellen gemäss EN 50174-2 35
Tabelle 31: IEEE Applikationsunterstützung MMF 39
Tabelle 32: IEEE Applikationsunterstützung SMF 39
Tabelle 33: LWL Steckertyp 41
Tabelle 34: ISO 61300-3-34 Verbindung IL Güteklassen(dB) 42
Tabelle 35: ISO 61300-3-6 Verbindung RL Güteklassen (dB) 42
Tabelle 36: RI vs IL Güteklassen 42
Tabelle 37: ISO11801 Kabeldämpfung 43
Tabelle 38: R&Mfreenet Kabeldämpfung 43
Tabelle 39: LWL Kabeltyp 44
Tabelle 40: R&Mfreenet LWL Stecker Dämpfung 49
Tabelle 41: IEEE802.3 GPON leistung 53
Tabelle 42: R&M Splitter leistung 53
Tabelle 43: LWL Kabel Farbcode 56
Tabelle 44: Datenblatt Beispiel Kupferkabel 67
Tabelle 45: Beispiele für Biegeradien bei Kupferverkabelung 69
Tabelle 46: Module Beschaltung 72

Tabelle 47: Übersicht der Laserklassifizierung IEC 60825-ed.3.0:2013 75
Tabelle 48: Sofortbehandlungen bei Kontakt mit Isopropanol 76
Tabelle 49: Zugkraft LWL-Kabel 77
Tabelle 50: Biegeradius LWL-Kabel 78
Tabelle 51: ISO 61300-3-35 Kriterium 81
Tabelle 52: Messgeräte für Pass- und Fail-Messungen 89
Tabelle 53: Normen für Messgeräte 90
Tabelle 54: Adapter für Messgeräte 90
Tabelle55: Modenfilter-Durchmesser 101
Tabelle 56: Dämpfungsbudet von Referenz-Referenz-Anschlüssen 102
Tabelle 57: Dämpfungsbudet von Referenz-Zufalls-Anschlüssen 102
Tabelle 58: Brechungsindex des LWL-Kabels 105
Tabelle 59: R&Mfreenet-Steckerdämpfung 111
Tabelle 60: Brechungsindex des LWL-Kabels 116
Tabelle 61: Umrechnung von AMG in mm 124

10 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Bild 1: QPP 5
Bild 2: MICE Klassifikation ..... **Error! Bookmark not defined.**
Bild 3: Gebäudeerdung 12
Bild 4: EN 50310 Minimum 12
Bild 5: EN50310 Empfehlung 13
Bild 6: Modell Durchverbindung-TA 21
Bild 7: Modell Rangierung-TA 21
Bild 8: Modell Durchverbindung-SP-TA 22
Bild 9: Modell Rangierung-SP-TA 22
Bild 10: Modell Durchverbindung-GA 23
Bild 11: Modell Rangierung-GA 23
Bild 12: Modell Durchverbindung-LVP-GA 24
Bild 13: Modell Rangierung-LVP-GA 24
Bild 14: Modell Hauptverteilungs-Übertragungsstrecke 25
Bild 15: Ein Steckerverbindungsmodell 29
Bild 16: Ein Steckerverbindungsmodell mit LVP 29
Bild 17: BtB Durchverbindungsmodell 30
Bild 18: Rangier-Durch-Rangier Verbindungsmodell 31
Bild 19: PoE Hitzeverteilung 36
Bild 20: TLC Einfluss 37
Bild 21: EMV Abstrahlung 38
Bild 22: Berechnungsbeispiel Büroverkabelung 46
Bild 23: Berechnungsbeispiel Rechenzentrumsverkabelung 46
Bild 24: FO 3 Steckern direkte kombination 47
Bild 25: FO 4 Steckern kombiniert mit Spleiss 47
Bild 26: 5 Steckern direkt Kombiniert 48
Bild 27: IEEE802.3-10GbE Leistung 50
Bild 28: IEEE802.3-40/100GbE Leistung 50
Bild 29: Muster Berechnung UKV Model 51
Bild 30: Muster Berechnung RZ Model 51
Bild 31: POLAN Konfigurationsmuster 52
Bild 32: POLAN Rechenbeispiel 53
Bild 33: Polarisierung bei LC-Duplex-Steckern 55
Bild 34: Polarisierung bei SC-Duplex-Steckern 55
Bild 35: Polarisierung bei optischen Rangierkabeln 55
Bild 36: LWL gekreuzt Backbone 56
Bild 37: LWL gerade Backbone 57
Bild 38: MPO Polarität Methode A Duplex 58
Bild 39: MPO Polarität Methode A Fan out 58
Bild 40: MPO Polarität Methode A 40/100G 58
Bild 41: MPO Polarität Methode B Fan out 59
Bild 42: MPO Polarität Methode B 40/100G 59
Bild 43: MPO Polarität Methode C Fan out 60
Bild 44: MPO Polarität Methode R&M Fan out Trunk B 61
Bild 45: MPO Polarität Methode R&M 40/100G Trunk B 61
Bild 46: MPO Polarität Methode R&M Fan out Trunk A 62
Bild 47: MPO Polarität Methode R&M 40/100G Trunk A 62
Bild 48: trocken gelagertes Kupferkabel 65
Bild 49: falsch gelagertes Kupferkabel 65
Bild 50: Verladen von Rolle mit Stange 65

Bild 51: Verladen von Rolle quer auf Gabeln 65
Bild 52: richtige Abrollrichtung 68
Bild 53: falsche Abrollrichtung 68
Bild 54: richtige Befestigung vertikal verlaufender Kabel 68
Bild 55: richtige Ausführung einer Steigzone 68
Bild 56: Beispiele für Biegeradien bei Kupferverkabelung 69
Bild 57: richtiges Kabelmanagement 70
Bild 58: falsches Kabelmanagement, zu grosse Bündel 70
Bild 59: falsches Kabelmanagement, Kabelführungen 70
Bild 60: Abisolierlänge 71
Bild 61: Abisolierwerkzeug 71
Bild 62: Einschnitt vornehmen 71
Bild 63: Abisolieren 71
Bild 64: Korrekte Aufschaltung / zusätzliche Verdrillung der Aussenpaare / keine Überkreuzung 73
Bild 65: falsche Aufschaltung / Luftspalte zwischen den Paaren / überlappende Paare / Paare nicht vollständig eingeführt (orange) 73
Bild 66: Laser Klasse 1 74
Bild 67: Laser Klasse 1M 74
Bild 68: Laser Klasse 2 74
Bild 69: Laser Klasse 2M 74
Bild 70: Laser Klasse 3R 74
Bild 71: Laser Klasse 3B 74
Bild 72: Laser Klasse 4 75
Bild 73: Kabelmanagement am LWL-Rack 78
Bild 74: Abisolierlänge des LWL-Kabels messen 79
Bild 75: Aussenmantel abziehen 79
Bild 76: Bündelader- oder Volladerabisolierlänge messen 79
Bild 77: freigelegte Glasfaser mit Isopropylalkohol reinigen 79
Bild 78: Faser auf Länge brechen 80
Bild 79: Faser in den LWL-Stecker schieben, bis sie einrastet 80
Bild 80: Zugentlastung am LWL-Stecker anbringen 80
Bild 81: Reinigungsfehler Quote 81
Bild 82: ISO 61300-3-35 SMF & MMF 81
Bild 83: Beispiele für eine gut und zwei schlecht gereinigte LWL-Verbindungsstellen (Staub/Schmutz, Fett/Öl/Fingerabdrücke) 82
Bild 84: LWL-Rangierkabel-Management 83
Bild 85: beispielhafte Prüfstrecke für PL 91
Bild 86: beispielhafte Prüfstrecke für CH 91
Bild 87: beispielhafte Prüfstrecke für PL mit SP 92
Bild 88: Beispiel Prüfaufbau SP-Link 92
Bild 89: Beispiel Prüfaufbau Switch Link 92
Bild 90: beispielhafte Prüfstrecke für LWL PL 99
Bild 91: beispielhafte Prüfstrecke für LWL CH 100
Bild 92: OTDR-Loopmessung E zu O 104
Bild 93: OTDR-Loopmessung O zu E 104
Bild 94: Prüfkabel 1 106
Bild 95: Prüfkabel 2 106
Bild 96: Prüfkabel 1&2 referenz Stecker Überprüfung 106
Bild 97: Prüfkabel 1,2 und Schleife referenz Stecker Überprüfung 107
Bild 98: Unidirectional loop measurement 109
Bild 99: MMF Messung E to O 109
Bild 100: MMF Messungt O to E 110

Bild 101: „Ein-Messkabel“-Referenzmethode 117
Bild 102: „Drei-Messkabel“-Referenzmethode 117
Bild 103: Verifizierung mit „Ein-Messkabel-Methode“ 118
Bild 104: Messung mit „Ein-Messkabel-Methode“ 119
Bild 105: Messung mit „Erweiterte Drei-Messkabel“-Referenzmethod“ 119

11 WHITE PAPERS

White Paper 1: MICE Umgebungsklassen 10
White Paper 2: EMV 14
White Paper 3 : Erdung von Rangierfeldern 15
White Paper 4: Power_over_Ethernet_Plus 36
White Paper 5: EMV-Vergleich zwischen STP- und UTP-Verkabelungen für 10GBase-T 38
White Paper 6: Herstellerneutrale Güteklassen für Glasfaser-Steckverbinder 42
White Paper 7: Design eines optischen Netzwerks 49
White Paper 8: HD MPO System - Migration zu 40/100G einfach gemacht 50
White Paper 9: HD MPO System - Migration zu 40/100G einfach gemacht 58

12 ÄNDERUNGEN ZUR VORHERIGEN AUFLAGE

Bei den angeführten Änderungen handelt es sich teilwesie um massive Änderungen gegenüber der vorigen Ausgabe und wir empfehlen dem Leser sich alle geänderten Kapitel durchzulesen um bei einer Garantieinstallation die richtige Vorgangsweise zu wählen.

VORWORT

EINFÜHRUNG

WARUM R&M*freenet*

GARANTIE

NORMEN FÜR DIE GEBÄUDEVERKABELUNG

MICE (MECHANICAL, INGRESS, CLIMATIC, ELECTROMAGNETIC)

EMV-KONZEPTE

INFRASTRUKTUR PROGRAMM

PROJEKTAUSSCHREIBUNG/SPEZIFIKATIONEN

Komponenten Norm

Längeneinschränkungen bei Installationskabeln AWG26

Überlängen für IEEE

Kurze Längen bei Kat. 6_A System

Andere Verbindungsmodelle

Allgemeine Anforderungen

POE, POE+–AKTUALISIERUNG UND HINWEISE ZUR VERKABELUNG

DIE WICHTIGKEIT DER SYMMETRIE (TCL)

EMV-VERGLEICH ZWISCHEN STP- UND UTP

LWL Stecker Normen

LWL Kabel normen

AUSSERHALB DER NORM

ENTWURF EINES PASSIVEN OPTISCH LAN NETZWERKES (POLAN)

BEIBEHALTUNG DER POLARITÄT

LAGERUNG UND TRANSPORT DES INSTALLATIONSKABELS

UMFELDBEDIENUNGEN

BESCHALTUNG DER ANSCHLUSSMODULE

Maximale Zugkraft für LWL Kabel

Kabel-Biegeradius

REINIGEN VON GLASFASERN

INSTALLATIONS-CHECKLISTE

R&M ANERKANNTE ZERTIFIZIERUNGSMESSGERÄTE FÜR DIE KLASSEN D/E/E_A

Prüfen der Verkabelung mit Sammelpunkt

MESSAUSWERTUNGSANALYSE

VORGEHENSWEISE FÜR KUPFER-PRÜFUNGEN

KONFIGURATIONEN VON ÜBERTRAGUNGSSTRECKEN

LWL-PRÜFBEDINGUNGEN

OTDR-PRÜFUNG

Vorgehensweise für OTDR-Prüfungen

LSPM-PRÜFUNG/DÄMPFUNGSMESSUNG

Referenzkonfiguration

Vorgehensweise für LSPM-Prüfungen

13 NOTIZEN

Hauptsitz
Reichle & De-Massari AG
Binzstrasse 32
CHE-8620 Wetzikon/Switzerland
Telefon +41 (0)44 933 81 11
Telefon +41 (0)44 930 49 41

www.rdm.com